

کاربرد یک مدل ساده برای شبیه سازی سیل فروردین ۹۸ شیراز

حمید حساس^۱، حسن غلامی^۲، ابوالفضل عزیزیان^۳، نجمه یرمی^۴

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

۳،۴- استادیار علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

hamidhassas@gmail.com

خلاصه

تعیین محل‌های دارای پتانسیل سیل‌گیری از اقدامات مهم برای کاهش خطرات سیل است. در تحقیق حاضر با استفاده از یک نرم افزار ساده سیلاب فروردین ۱۳۹۸ شیراز شبیه سازی شد. این نرم افزار ساده تحت وب قابلیت پهنه‌بندی مناطق با پتانسیل سیل‌گیری از طریق به کارگیری داده‌های DEM نقشه‌های گوگل را دارد. برای ارزیابی نرم افزار واقعه سیل فروردین ۱۳۹۸ دروازه قرآن و شهرک سعدی شیراز شبیه سازی شد. از این سیل مشاهدات میدانی و گزارش هیأت ویژه بررسی سیلاب‌ها وجود داشت. نتایج نشان داد که مدل در شبیه سازی واقعه سیل فروردین ۱۳۹۸ دروازه قرآن شیراز مناسب عمل نموده است.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی سیل، سیل دروازه قرآن شیراز، خطر سیل، نقشه‌های گوگل

۱. مقدمه

پدیده سیل مخاطرات فراوانی را در سراسر جهان موجب شده است. پیامدهای این رخداد محیطی به شدت بر روی بخش‌های مختلف شیلات، مسکن، کشاورزی، منابع طبیعی، سازه‌های مهندسی و فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی تأثیر گذار است. مثلاً سیل شهر آیوتای تایلند در اکتبر ۲۰۱۱ که بخش اعظمی از شهرک‌های صنعتی و شهرهای اطراف را در بر گرفت، بالغ بر ۸۰۰ نفر تلفات جانی داشت و منجر به کاهش تولیدات کارخانه‌ها و افزایش تورم این کشور گردید [۱]. همچنین سیل فروردین ۱۳۹۸ شیراز در منطقه دروازه قرآن و شهرک سعدی بالغ بر ۲۱ نفر تلفات جانی، خسارت به ۲۰۰ خودرو و ۲۵۳ واحد مسکونی در پی داشت [۲].

تاکنون روش‌هایی که برای تعیین مناطق در معرض خطر سیل استفاده شده بیشتر بر پایه روش‌های مشاهده‌ای (داغاب سیل)، نموداری، فرمول‌های تجربی، تحلیل آماری داده‌های سیل، تفکیک حوضه به تعدادی زیر حوضه، داده‌های دورسنجی، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)^۱ و مدل‌های ریاضی رایانه‌ای بارش و رواناب بوده و بیشتر از دیدگاه تولید سیل در سطح حوضه‌ای مطرح شده است [۳]. از جمله روش‌هایی که می‌تواند در محاسبه سیل ناشی از یک بارش معین بکار رود، مدل‌های هیدرولوژیکی هستند که می‌توانند با داشتن توزیع مکانی خصوصیات بارش در حوضه آبخیز برآوردهای قابل قبولی را به دست دهند.

لشکری و همکاران [۴] به منظور پهنه‌بندی سیلاب رودخانه زرينه رود از مدل هیدرولوژیکی HEC-RAS در محیط GIS استفاده نمودند. ثروتی و همکاران [۵] در پهنه‌بندی سیل خیزی حوضه آبخیز سراب دره شهر عنوان کردند شناسایی مناطق با پتانسیل سیل خیزی از جمله اقدامات بسیار مهم در کاهش خسارات سیل است. راد و همکاران [۶] با استفاده از مدل HEC-RAS به پهنه‌بندی خطر سیل با دوره‌های بازگشت مختلف در پایین دست حوضه آبخیز خرم آباد پرداختند. نتایج این پژوهش حاکی از این بود که سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله دارای دبی ۵۵۳/۷۸ مترمکعب بر ثانیه بوده و مساحتی برابر ۱۰ کیلومتر مربع از اراضی منطقه را در بر می‌گیرد. تأثیر شهرنشینی بر جاری شدن سیل در حوضه شهری چنای در کشور هند در یک تحقیق

^۱ Geographic Information System

بررسی شد [۷]. نتایج پژوهش صورت گرفته نشان داد افزایش مناطق غیر قابل نفوذ، تعادل طبیعی آب را مختل می‌سازد. کاهش نفوذ، رواناب را افزایش می‌دهد و منجر به بالاتر رفتن دبی اوج سیل می‌شود. نتایج استفاده از مدل HEC_RAS و GIS در پهنه بندی سیل رودخانه سدروس برزیل [۸] و رودخانه کابل در افغانستان [۹] حاکی از خطر بیشتر برای ساختمان‌ها و جاده‌های واقع در کنار پل‌ها بوده است.

در مدل‌های پهنه بندی سیلاب کمتر از نقشه‌های آنالاین تحت وب استفاده شده است. لذا در تحقیق حاضر اقدام به مدلسازی گسترش سیل با استفاده از طراحی نرم‌افزار آنالاین تحت وب با قابلیت پهنه‌بندی مناطق با پتانسیل سیل‌گیری از طریق به کارگیری داده‌های DEM نقشه گوگل شده است. قابلیت این نرم‌افزار در شبیه سیل اکتبر ۲۰۱۱ تایلند در پژوهشی بررسی شده بود [۱۰]. این نرم‌افزار اطلاعاتی در رابطه با حداکثر دبی قابل انتقال در رودخانه و پیش‌بینی مناطق در معرض خطر سیل، آثار سیلاب بر اراضی حاشیه رودخانه و اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها برای اجرای پروژه‌های کنترل سیل و تعیین حریم رودخانه‌ها ارائه می‌دهد. در نتیجه امکان ارسال هشدارهای مناسب در مواقع وجود خطر سیل و تسهیل عملیات امداد و نجات را فراهم می‌سازد. از این رو کمک شایانی به پروژه‌های برنامه‌ریزی و مدیریت آب‌های سطحی خواهد داشت. در این مطالعه هدف بررسی و شبیه‌سازی واقعه سیلاب فروردین ۱۳۹۸ شیراز در منطقه دروازه قرآن و شهرک سعدی شیراز با مدل مزبور بود.

۲. مواد و روش

داده‌های مورد نیاز

در نرم‌افزار ارائه شده دو دسته اطلاعات شامل فیزیوگرافی حوضه و رودخانه آن (نقشه توپوگرافی، مقاطع طولی و عرضی در محدوده مورد نظر و شیب رودخانه) و نیز اطلاعات هیدرولوژی رودخانه (دبی عبوری، ارتفاع آب، سرعت جریان و ضریب زبری) برای پهنه بندی سیل لازم است. این اطلاعات از نقشه‌های آنالاین گوگل دریافت می‌شود و یا کاربر به صورت دستی وارد نرم‌افزار می‌کند. عملکرد نرم‌افزار به انتخاب کاربر به دو صورت دستی و خودکار می‌باشد.

عملکرد دستی

طراحی نرم‌افزار به گونه‌ای است که در صورتی که اطلاعات فیزیوگرافی و هیدرولوژی از یک منطقه خاص مورد مطالعه موجود باشد می‌توان اقدام به انجام محاسبات و در نتیجه پهنه‌بندی سیل نمود. داده‌های ورودی شامل شیب، ارتفاع آب، دبی عبوری، ضریب زبری (n)، سرعت جریان و موقعیت جغرافیایی نقاط مد نظر از طول رودخانه می‌باشد.

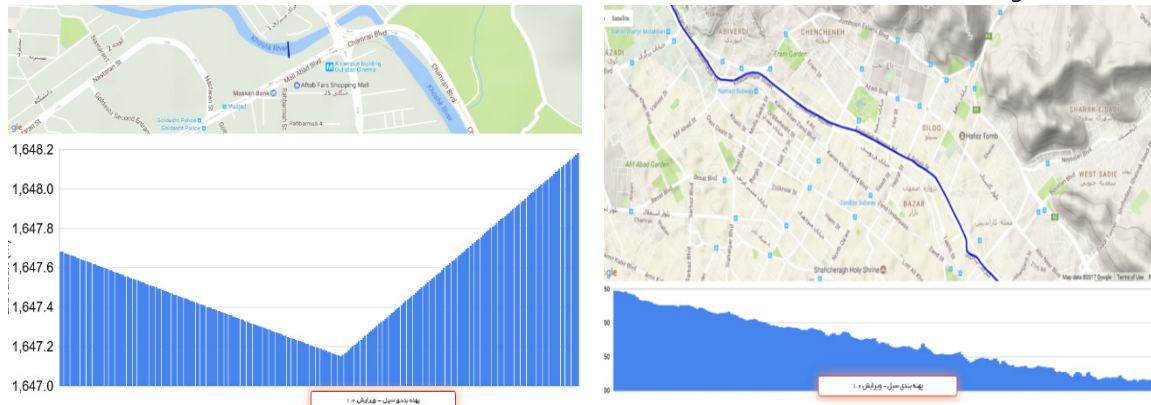
عملکرد خودکار

در عملکرد خودکار مراحل انجام محاسبات و پهنه‌بندی به صورت هوشمندانه و بر اساس بانک اطلاعاتی موجود، شکل پروفیل طولی و عرضی در هر مقطع با توجه به شرایط توپوگرافی مسیر آبراهه یا کانال، شیب متوسط در طول آبراهه، حداکثر دبی قابل عبور در هر مقطع و ضریب زبری با توجه به نوع سازند زمین شناسی صورت می‌پذیرد. کاربرد این عملکرد برای مواقعی است که نیاز به مدیریت بحران در شرایط اضطراری وجود دارد و اطلاعات پایه هیدرولوژی منطقه محل وقوع سیل در دسترس نیست.

نحوه کار

ابتدا به واسطه یک API Key^۱ که به صورت انحصاری توسط آن امکان دسترسی به نقشه‌های گوگل را فراهم می‌سازد اقدام به اتصال به پایگاه داده سرورهای گوگل نموده و سپس آبراهه انتخاب می‌شود. پس از آن که کاربر آبراهه مد نظر خود را موقعیت یابی کرد، نقاط دلخواهی (انتخاب مقاطع) در طول آبراهه تعیین می‌نماید. اولین نقطه به معنای آغاز مسیر جریان آب و آخرین نقطه به معنای انتهای مسیر است. پس از تعیین نقاط، نرم‌افزار به صورت خودکار موقعیت جغرافیایی هر نقطه را بر اساس سیستم مختصات UTM در بانک اطلاعاتی ذخیره و ارتفاع هر نقطه را از سطح آب‌های آزاد محاسبه کرده و همزمان نمایش می‌دهد. ارتفاع هر نقطه از سطح آب‌های آزاد در بانک اطلاعاتی ثبت و محاسبات صورت می‌گیرد. سپس بر اساس موقعیت جغرافیایی نقاط انتخابی و فاصله هر نقطه نسبت به یکدیگر، پروفیل عرضی (شکل ۱ چپ) هر مقطع و پروفیل طولی (شکل ۱ راست) در بین هر یک از نقاط انتخاب شده ترسیم می‌گردد.

^۱ Application Programming Interface Key



شکل ۱- پروفیل طولی (شکل سمت راست) و پروفیل عرضی (شکل سمت چپ) رودخانه خشک شیراز-فارس

پس از آن نرم افزار بر اساس فاصله طولی بین نقاط تعیین شده و با استفاده از اختلاف ارتفاع دو نقطه به کمک رابطه ۱ اقدام به محاسبه شیب در هر دو نقطه نموده و سپس با استفاده از رابطه ۲ متوسط شیب در طول آبراهه یا کانال را برآورد می‌نماید.

$$S = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (1)$$

$$\bar{S} = \sqrt[n]{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n} \quad (2)$$

که در آنها S : شیب بین دو نقطه، a : فاصله طولی دو نقطه، b : اختلاف ارتفاع دو نقطه، $\bar{S}$: شیب متوسط آبراهه یا کانال است. بر اساس شکل پروفیل عرضی در هر نقطه انتخابی، مساحت کل مقطع عرضی (در شرایط لبریز شدن) محاسبه و با توجه به شیب متوسط آبراهه و ضریب زبری برآورده شده (از اطلاعات سازند زمین‌شناسی محل) سرعت عبور آب محاسبه و حداکثر دبی قابل عبور برآورد می‌گردد (با رابطه مانینگ). نرم‌افزار بر اساس پروفیل طولی و عرضی از اولین نقطه تا آخرین نقطه انتخابی اقدام به شبیه‌سازی سه بعدی طولی مقطع آبراهه نموده و بر اساس موقعیت جغرافیایی و شکل توپوگرافی اقدام به برآورد حداکثر حجم کل آب قابل ذخیره در آبراهه می‌نماید. سپس بر اساس اختلاف ارتفاع در پروفیل عرضی و از عمیق‌ترین نقطه در مقطع تا بالاترین نقطه در پروفیل عرضی اقدام به محاسبه ارتفاع کانال به عنوان حداکثر ارتفاع آب مجاز درون آبراهه می‌نماید. هرگونه مقادیر عددی ورودی توسط کاربر به عنوان دبی یا ارتفاع آب در آبراهه بیش از حداکثر دبی و یا حداکثر عمق آب در کانال، پس از پردازش توسط نرم‌افزار به عنوان آب مازاد تلقی شده و پهنه آب خارج از آبراهه توسط نرم‌افزار شبیه‌سازی می‌شود. برای تعیین مرز پهنه‌های سیل گیر مراحل زیر طی می‌گردد:

الف- ابتدا تراز سطح آب در مقاطع مختلف برای سیل‌های با دوره بازگشت خاص و یا هر سیل مد نظر کاربر، مشخص می‌شود. این مهم را نرم‌افزار با اطلاعات سطح مقطع و زبری کف محاسبه می‌کند.

ب- تراز محاسبه شده با رقوم ارتفاعی کنار آبراهه مقایسه شده و در صورتیکه از آن بزرگتر باشد نقطه نهایی گسترش آب با امتداد مقطع عرضی در طرفین تا جایی که رقوم ارتفاعی زمین و آب مساوی شود مشخص می‌گردد.

ج- با اتصال نقاط مرزی در ساحل آبراهه پهنه سیلاب در طول آبراهه مشخص می‌شود. نقاط میانی (بین دو مقطع) با توجه به انحنای خطوط هم‌تراز میان یابی می‌شود.

هرگونه تغییر در مقادیری چون ارتفاع آب، دبی، ضریب زبری، نقشه DEM و توپوگرافی توسط کاربر باعث تغییر ناحیه‌های به زیر آب رفته می‌گردد. پهنه بندی بصورت ترسیم ناحیه‌های رنگی و یا خطوط مرزی بر روی نقشه انجام می‌گیرد. ناحیه‌های رنگی به سه دسته تقسیم می‌گردند که هر رنگ مفهومی خاص دارد:

ناحیه سبز: محدوده ایمن بدون وارد آمدن خسارت

ناحیه قرمز: محدوده با خطر بالا (کانال اصلی)

ناحیه زرد: محدوده ریسک که احتمال گسترش آب در این ناحیه (به دلیل واکنش‌های غیر قابل پیش‌بینی) وجود دارد.

البته این امکان وجود دارد که رنگ نواحی آب‌گیری به صورت انتخاب توسط کاربر اعمال شود.

حریم رودخانه و هشدار سیل

با توجه به دستورالعمل‌های تعیین حریم رودخانه (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، ۱۳۸۴) در مدل این امکان فراهم شده تا در کنار تعیین پهنه سیل گیر، مرزهای حریم رودخانه نیز مشخص گردد. حریم رودخانه به موازات خط بستر رودخانه ترسیم می‌شود. در این مدل هشدار سیل به عنوان یکی از روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیل مورد توجه بوده است. انتخاب نوع سیستم هشدار بستگی به امکانات، نحوه بهره‌برداری و نگهداری، هزینه اولیه و نظر سازمان مسئول ذیربط دارد. سیستم‌های هشدار سیل شامل سه عنصر ۱- شناسایی و ارزیابی خطر سیل ۲- انتقال و انتشار هشدار سیل و ۳- واکنش نسبت به هشدار می‌باشد. سیستم‌های رایانه‌ای جهت اعلام هشدار و ارتباط با سخت افزارهای مورد نیاز از پردازش نرم‌افزاری خاص استفاده می‌کنند. نرم‌افزار پس از انجام محاسبات بر اساس میزان خطر تعیین شده در هسته اصلی آن اقدام به واکنش متناسب می‌کند. ابتدا هشدار به صورت پیغام و علائم بر روی نمایشگر ظاهر شده و سپس در صورت تأیید خطر توسط کاربر، نرم‌افزار با برقراری ارتباط با سخت افزار مربوطه اقدام به فعال سازی سخت افزار می‌نماید. در این نرم‌افزار بر اساس میزان دبی ایمن، سیستم هشدار سیل به صورت دستی و خودکار عمل می‌نماید. سیستم دستی به گونه ای طراحی گردیده است که کاربر می تواند یک مقدار عددی به عنوان دبی مازاد بر دبی ایمن را تعیین کند تا در صورتی که دبی سیل به آن مقدار رسید سیستم ابتدا به صورت یک پیغام بر روی صفحه نمایشگر هشدار داده و کاربر را مطلع سازد. سیستم خودکار به شکلی است که اگر کاربر تا سه مرتبه هشدارهای نمایش داده شده را تأیید نکند، نرم‌افزار به صورت خودکار وارد عمل شده و با توجه به نوع سخت افزار متصل شده به دستگاه، فعالیت پیش‌بینی شده را انجام می‌دهد. سخت افزارهای متصل شده به سیستم می تواند سیستم‌های هشدار صوتی یا نوری نصب شده در سطح شهر و یا سیستم کنترل دریچه‌های سد باشد.

ارزیابی مدل

برای ارزیابی مدل وجود تصاویر هوایی یا ماهواره‌ای از یک سیل واقعی و یا اطلاعات جی پی اسی از محدوده گسترش آن سیلاب، دبی اندازه گیری شده سیل یا هر دو مورد ضروری است. نرم افزار دو عامل مساحت گسترش سیلاب و دبی منجر به آن شرایط را برای یک سیل محاسبه می‌کند. این دو عامل با مقادیر واقعی رخ داده مقایسه می‌شود تا درصد اختلاف یا خطای برآورد مشخص شود. برای ارزیابی مدل در این مقاله واقعه سیل مهیب فروردین ۱۳۹۸ دروازه قرآن شیراز بررسی شد. از این سیل مشاهدات محلی در روز وقوع سیل با مختصات مکانی گسترش سیلاب از طریق جی پی اس در دسترس بود (مشاهدات شخصی نویسندگان). همچنین نتایج مدل با نتایج موجود در گزارش هیأت ویژه بررسی سیلاب‌ها مقایسه شد (هیأت ویژه گزارش ملی سیلاب‌ها، ۱۳۹۸).

۳. نتایج

سیل فروردین ۱۳۹۸ دروازه قرآن و شهرک سعدی شیراز

محدوده مورد مطالعه

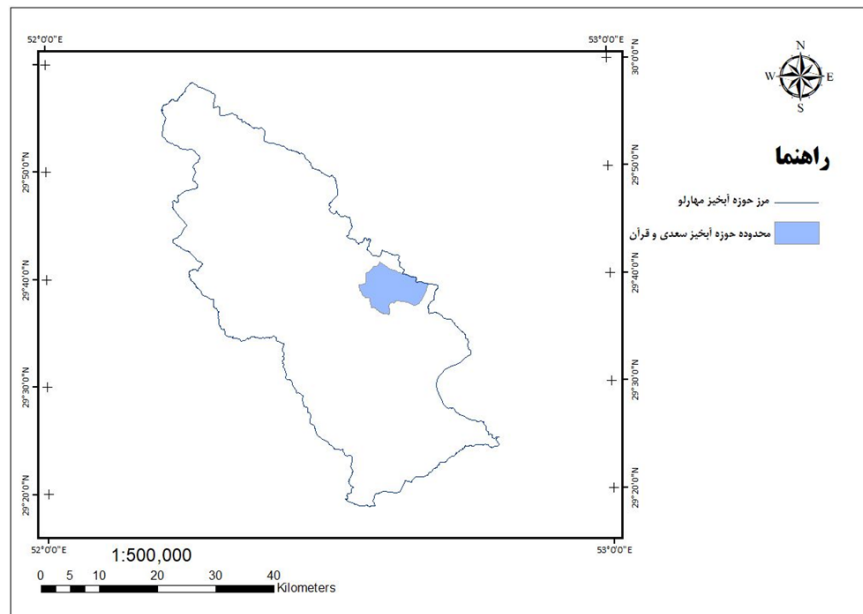
در تاریخ ۵ و ۶ فروردین ۱۳۹۸ به دلیل بارش‌های شدید در حوضه آبریز تنگ الله اکبر (دروازه قرآن) و محله سعدی شیراز که در ناحیه جنوبی کوه بوم قرار دارند (شکل ۵) سیلاب مهیبی و کوتاه مدتی جاری شد. حوضه آبریز دریاچه‌های طشک-بختگان و مهارلو با نام اختصاری مهارلو-بختگان یکی از حوضه‌های بسته ایران است که در تقسیم‌بندی حوضه‌های آبریز ایران، حوضه فرعی به شمار می‌رود و با مساحت ۳۱۴۹۲ کیلومتر مربع زیرمجموعه حوضه آبریز فلات مرکزی محسوب می‌شود (هیأت ویژه گزارش ملی سیلاب‌ها، ۱۳۹۸). محدوده حوضه آبریز منجر به وقوع سیل در فروردین ۱۳۹۸ در بخش شرقی حوضه آبخیز مهارلو قرار گرفته است. مساحت این حوضه ۵۹/۳ کیلومتر مربع می‌باشد که شامل دو بخش سعدی و دروازه قرآن است (شکل ۲).

شبیه سازی سیل با مدل ارائه شده

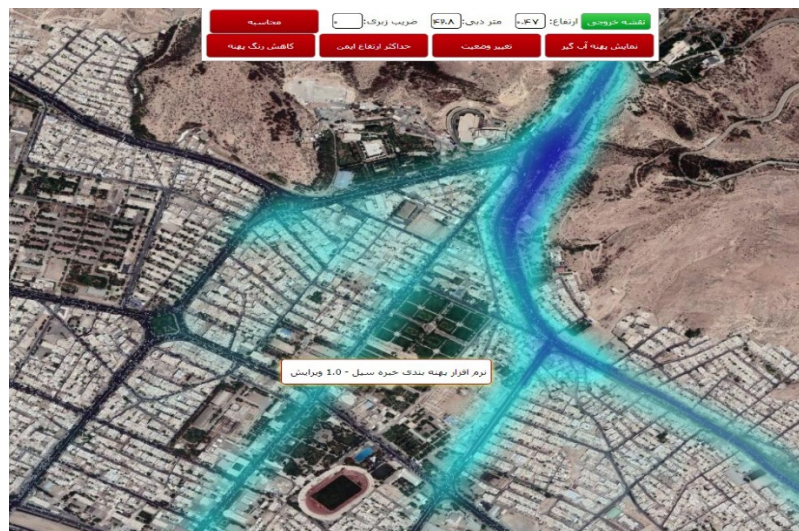
با توجه به برداشت اطلاعات سیل در روزهای وقوع آن با بازدید میدانی و ثبت پهنه‌های غیر شهری و شهری متأثر از این سیلاب به کمک نرم‌افزار تهیه شده اقدام به شبیه سازی این واقعه شد. سیلاب دروازه قرآن که در مسیر آبریز جاری شده بود (مورخ ۱۳۹۸/۱/۵) پس از رسیدن به دروازه قرآن وارد لوله‌ای که برای انتقال و هدایت آب حاصل بارندگی به سمت رودخانه خشک کار گذاشته شده بود، می‌شود. این لوله که ظرفیت آن حدود ۱۲ متر مکعب در ثانیه است (مشاهدات شخصی) توان عبور تمام سیلاب را نداشته و به دلیل گرفتگی در محل توری آشغال‌گیر ظرفیت واقعی آن از ظرفیت اسمی بسیار کمتر بوده است. بنابراین سیلاب حوضچه متعادل کننده پشت لوله را پر کرده و وارد بلوار هفت تنان می‌شود. ارتفاع سیلاب در بلوار هفت تنان بالغ بر ۴۷ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. با آزمون دبی‌ها مختلف برای سیل و با توجه به نقشه‌های گوگل از منطقه دبی ۴۲/۸ متر مکعب بر ثانیه برای سیلاب دروازه قرآن محاسبه شد. این دبی با فرض کارکرد ۵۰ درصدی برای ظرفیت اسمی لوله انتقال آب دروازه قرآن به دست آمد. پس از آن با این دبی محدوده متأثر از سیل در محل دروازه قرآن و محدوده اطراف آن پهنه‌بندی شد (شکل ۳). در این شکل رنگ آبی نشانه مسیر اصلی عبور سیلاب و رنگ فیروزه‌ای محدوده آبگیری شده اطراف آن می‌باشد. مقایسه مساحت پهنه‌بندی شده با محدوده‌ای که با بازدید میدانی با جی پی اس ثبت شده بود حاکی از وجود خطای ۳۶ درصدی می‌باشد (نرم‌افزار مساحت بیشتری را محاسبه کرده است).

سیل دوم در شهرک سعدی شیراز رخ داد. این سیل (مورخ ۱۳۹۸/۱/۶) از حوضه بالادست وارد شهرک شده بود. در قسمت بالادست محله سعدی یک کانال زیرزمینی یا کالورت وجود دارد که مسیر بلوار وفایی به سمت خیابان نارنجستان و در نهایت رودخانه خشک متصل می‌کند. این

کانال زیرزمینی گنجایش کافی برای عبور سیل را نداشت که موجب پس‌زدگی جریان و سرازیر شدن رواناب به محله سعدی گردید. مشاهدات میدانی حاکی از ارتفاع ۳۵ سانتی‌متری سیل بوده که نرم‌افزار ارائه شده در این پژوهش آن را با دبی ۴۸ متر مکعب در ثانیه شبیه‌سازی کرده است. مساحت پهنه‌بندی شده سیل با این دبی و مشاهدات ثبت شده میدانی (با جی پی اس) اختلاف ۱۷ درصدی را نشان می‌دهد. در این مورد نیز مدل حاضر پهنه سیل‌گیری را بیشتر برآورد کرده است (شکل ۴).



شکل ۲- موقعیت حوزه دروازه قرآن و سعدی در حوزه آبریز مهارلو



شکل ۳- پهنه بندی سیل فروردین ۱۳۹۸ در محدوده دروازه قرآن شیراز (رنگ آبی مسیر عبور سیل و رنگ فیروزه‌ای محدوده آب‌گیری شده را نشان می‌دهد).



شکل ۴-پهنه بندی سیل فروردین ۱۳۹۸ در محدوده دروازه قرآن و شهرک سعدی شیراز (رنگ آبی مسیر عبور سیل و رنگ فیروزه‌ای محدوده آب‌گیری شده را نشان می‌دهد).

۴. بحث

سیل رخ داده در فروردین ۱۳۹۸ در محل دروازه قرآن و شهرک سعدی شیراز با مدل ارائه شده با دقت قابل قبولی شبیه‌سازی شد. نتایج این شبیه‌سازی با مشاهدات واقعی هم‌خوانی داشت. گزارش هیأت ویژه بررسی سیلاب‌ها (هیأت ویژه گزارش ملی سیلاب‌ها، ۱۳۹۸) در مورد سیل شیراز حاکی است که سیل دروازه قرآن دارای دبی ۴۴ تا ۵۸ متر مکعب بر ثانیه بوده است (دبی‌ها از منابع و برآوردهای مختلف گزارش شده است). دبی برآورد شده توسط نرم‌افزار (۴۲/۸ متر مکعب بر ثانیه) با آن چه در گزارش هیأت ویژه آمده است ۳ تا ۳۶ درصد اختلاف دارد. همچنین نرم‌افزار حاضر دبی سیل رخ داده در حوضه سعدی شیراز را ۴۸ متر مکعب بر ثانیه برآورد کرده که با آنچه در گزارش هیأت ویژه بررسی سیلاب‌ها آمده است (۴۶ تا ۷۰ متر مکعب بر ثانیه) ۴ تا ۴۶ درصد اختلاف دارد. شکل ۱۷ پهنه آب‌گیری شده در اثر وقوع سیل در شهرک سعدی شیراز را مطابق گزارش هیأت ویژه بررسی سیلاب‌ها نشان می‌دهد. مقایسه این شکل با خروجی نرم‌افزار ارائه شده در این مقاله (شکل ۱۶، بخش شهرک سعدی) اختلاف‌هایی را نشان می‌دهد. دلیل این اختلاف‌ها می‌تواند مدیریت شهری مقابله با سیلاب باشد. به این نحو که شهرداری و مردم برای جلوگیری از آب‌گیری برخی مناطق اقداماتی نظیر احداث خاکریز و سیل‌بندهای موقت را انجام داده بودند. با این اقدامات سعی شده بود تا سیل در مسیرهای خاصی هدایت شود که با نتایج نرم‌افزار که بر اساس تراز آب و تراز ارتفاعی زمین پهنه‌بندی را انجام می‌دهد متفاوت بوده است. در مجموع نرم‌افزار ارائه شد در شبیه‌سازی سیل‌های ۵ و ۶ فروردین ۱۳۹۸ شیراز مناسب عمل کرده است.



شکل ۱۷: پهنه متأثر از سیل فروردین ۱۳۹۸ در محدوده شهرک سعدی شیراز (برگرفته از هیأت ویژه گزارش ملی سیلاب‌ها، ۱۳۹۸).

۵. نتیجه گیری

مدل ساده مبتنی بر وب ارائه شده برای تعیین مناطق در خطر سیل با استفاده از نقشه های بروز گوگل توانست با دقت قابل قبول در شبیه سازی واقعه سیل فروردین ۱۳۹۸ دروازه قرآن شیراز مناسب عمل نماید. بعلاوه نتایج شبیه سازی حداکثر سیلاب رودخانه خشک شیراز توسط نرم افزار به واقعیت نزدیک بود. با توجه به نتایج این مطالعه و میزان خطای محاسبات صورت گرفته می توان بیان کرد نرم افزار از دقت قابل قبولی برخوردار بوده اما به دلیل برخی از محدودیت های سطح دسترسی به تصاویر ماهواره ای و نقشه های توپوگرافی و DEM گوگل، نرم افزار به عنوان یک مدل کمکی در کنار سایر مدل های کنونی تحلیل سیلاب قرار می گیرد. از مزایای این نرم افزار می توان به دسترسی آسان در هر زمان و مکان بدون محدودیت برای عموم مردم به واسطه آنلاین بودن، عدم نیاز به نصب و یا مهارت خاص در اجرای نرم افزار، محیط کاملاً گرافیکی و سادگی و قابل فهم محیط نرم افزار، امکان بروز رسانی نرم افزار و ایجاد تغییرات و افزایش امکانات و سازگاری بالا به واسطه متن باز بودن نرم افزار، دسترسی به بانک اطلاعاتی گسترده، بروز بودن و تنوع نقشه های مطالعاتی، دسترسی کامل به تمامی نقشه های توپوگرافی نقاط کره زمین در هر کشور در هر زمان و مکان، عدم نیاز به شناخت منطقه و یا داشتن داده های هیدرولوژیکی آن، اولویت بندی زیر حوضه ها جهت پروژهای کنترل سیل، مدل سازی سیلاب با دبی های متفاوت و پیش بینی محدوده های آبرگیری هنگام وقوع سیل، افزایش سرعت در محاسبات مربوط به پهنه بندی، صرفه جویی در زمان، امکان تعبیه سیستم هشدار هوشمند سیل و اقدام و تخلیه به موقع منطقه جهت کاهش خسارات جانی و مالی و کمک به تصمیم گیری و مدیریت هرچه بهتر بحران در زمان های اضطراری اشاره نمود.

۶. مراجع

1. Gale, E.L., and Saunders, M. (2013). The 2011 Thailand flood: climate causes and return periods, *Weather*, 68(9), 233-237.
۲. هیأت ویژه گزارش ملی سیلاب ها، (۱۳۹۸). روایت سیلاب های ۹۸-۱۳۹۷ ایران. ۱۰۵ص.
۳. ولیزاده ک، خلیل، (۱۳۸۶). کاربرد GIS در پهنه بندی خطر سیلاب (مطالعه موردی: حوضه رود لیقوان). *مجله فضای جغرافیایی* ۷(۲۰): ۱۷۰-۱۵۳.
۴. لشکری، ح، رشیدی، ع، و رضایی، ع، (۱۳۹۲). پهنه بندی سیلاب رودخانه زرنه رود با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-RAS در محیط GIS (مطالعه موردی رودخانه زرنه رود واقع در آذربایجان غربی)، *پژوهش های دانش و زمین*، ۳(۱۳)، ۶۸-۵۱.
۵. ثروتی، م، ر، احمدی، م. نصرتی، ک، مزبانی، م، (۱۳۹۲). پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه آبخیز سراب دره شهر (مطالعه موردی حوضه آبخیز سراب دره شهر)، *جغرافیا*، ۱۱(۳۶)، ۷۷-۵۵.
۶. راد، م، وفاخواه، م، غلامعلی فرد، م، (۱۳۹۷). پهنه بندی سیل با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-RAS در پایین دست حوضه آبخیز خرم آباد، *مجله مخاطرات محیط طبیعی*، ۷(۱۶)، ۲۲۶-۲۱۱.
7. Suriya, S., Mudgal, B.V., (2012). Impact of urbanization on flooding: The Thirusoolam sub watershed-A case study, *Journal of Hydrology*, 412-413, 210-219.
8. Silva, F. V. Bonuma, N. B. Uda, P. K. (2014), Flood Mapping In Urban Area Using Hec-Ras Model Supported By GIS, *International Conference on Flood Management*, 9pp.
9. Khattak, M. S. Anwar, F. Usman Saeed, T. Sharif, M. Sheraz, K. Ahmed, A. (2016), Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcGIS: A Case Study of Kabul River, *Research Article – Civil engineering*, 40, pp. 1375-1390.
۱۰. حساس، ح، و عزیزیان، ا، (۱۳۹۶). ارائه یک نرم افزار خبره برای پهنه بندی سیل. پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب. آبان ۱۳۹۶. تهران.