بررسی تاثیر گسترش نامناسب مناطق شهری بر تشدید خطر سیل (مطالعه موردی شهر کلات)

سارا عطاران[۱]، ابوالفضل مساعدی[۲]، حمدالله سجاسی[۳]

۱- دانشجو کارشناسی ارشد رشته علوم و مهندسی آب-مدیریت منابع آب دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار گروه جغرافیا دانشگاه فردوسی مشهد

(mosaedi@um.ac.ir)

خلاصه

سیل در سراسر جهان خسارات زیادی به جوامع بشری وارد می‌کند. با گذشت زمان و تغییر کاربری اراضی و گسترش شهرنشینی در دشت‌های سیلابی خسارات ناشی از سیل نیز افزایش یافته‌است. یکی از روش‌های مدیریت و برنامه‌ریزی برای کاهش خسارات سیل مدل‌سازی آن است و یکی از ابزارهای قابل استفاده، نرم‌افزار HEC-RAS می‌باشد. در این مطالعه به بررسی و مدل‌سازی سیل‌های شهر کلات با استفاده از نرم‌افزار HEC-RASو افزونه Hec-GeoRAC در نرم‌افزار GIS پرداخته شد و نتایج نشان دادند که رودخانه اصلی شهر قابلیت انتقال مقادیر سیل با دوره بازگشت‌های کمتر از ۵۰ سال را دارد ولی بیشتر خسارات وارد شده به شهر در اثر سیلاب‌هایی است که از طرف ارتفاعات شمالی به سمت شهر جاری می‌شوند. گسترش ناموزن شهر سبب شده است که مسیر طبیعی این آبراهه‌ها به سمت رودخانه اصلی مسدود شده و در نتیجه سیلاب همه ساله خساراتی را وارد نماید.

کلمات کلیدی: HEC-RAS، مدل سازی سیلاب، شهر کلات

۱. مواد و روش‌ها

سیل یکی از بلایای طبیعی در جهان است که منجر به خسارات جانی و انسانی می‌شود [۱]. تعداد سیل‌ها در دهه‌های گذشته به شکل چشم‌گیری افزایش یافته‌است[۲]. بنابراین، بررسی علل آن و استفاده از مدل‌های مناسب به منظور ارزیابی خسارت سیل ضروری است[۳]. انتخاب مدل مناسب نه تنها باید بر اساس داده‌های ورودی مناسب و در دسترس باشد، بلکه هدف از مدل‌سازی سیل نیز در انتخاب نوع مدل اهمیت دارد. به عنوان مثال، شرکت‌های بیمه علاقه‌مند به تخمین خسارت بیمه شده هستند، در حالی که دولت، مدل‌هایی را برای برآورد خسارت کل اقتصادی اعمال نیاز دارد[۴].

توسعه‌ی مناطق مسکونی و شهری در حریم رودخانه‌ها و توجه نکردن به شرایط هیدرولوژیکی و هیدرولیکی حوضه آبریز بالا دست و رودخانه، افزایش خطر سیل و از بین رفتن سرمایه در چنین مناطقی را به همراه دارد [۵]. ایجاد سازه‌های تقاطعی در مسیر رودخانه‌ها و یا در دشت‌های سیلابی بر روی الگوی جریان تاثیر می‌گذارد. این تاثیر به نوبه خود پلان رودخانه، هندسه آبراهه و رابطه بین دبی و سطح آب را تغییر می‌دهد[۶]. مدل‌سازی طغیان سیل برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی و همچنین ساخت وگسترش سیستم‌های هشدار سیل ضروری و لازم است[۷] . برای مهار و تعدیل خطر سیل روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از آن‌ها روش پهنه‌بندی سیلاب می‌باشد. نقشه‌های پهنه‌بندی سیل اطلاعات ارزشمندی را در رابطه با طبیعت سیلاب‌ها واثرات آن بر دشت‌های سیلابی وتعیین حریم رودخانه‌ها ارائه می‌دهند[۸].

محمدی و همکاران [۵] با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS به شبیه‌سازی و نحوه گسترش پهنه‌های سیلابی در حوضه رود کارون در استان چهارمحال و بختیاری پرداختند و به این نتیجه رسیدند که افزایش و کاهش CN اثر افزایشی و کاهشی بر دبی سیلابی حوضه داشته‌است. یانگ و همکاران [۹] چارچوبی برای مدل‌سازی سیلاب منطقه‌ای در حوضه رودخانه سن آنتونیو در تگزاس ارائه دادند. این چارچوب شامل یک مدل بارندگی به رواناب (توسط نرم‌افزار HEC-HMS) و یک مدل هیدرولیکی (HEC-RAS) برای مدل‌سازی رواناب در رودخانه است. جی چاموا و همکاران [۱۰] برای استخراج مقاطع عرضی (Cross Section) در رودخانه تیزا در مجارستان از دو مدل HEC-RAS و مدل Hec-GeoRAS استفاده کردند ونتیجه گرفتند که تلفیق این دو مدل مناسب می‌باشد. همچنین بیان کردند که بهترین روش برای تهیه مقاطع عرضی در صورت کمبود اطلاعات توپوگرافی، استفاده از مدل رقومی ارتفاعی است. پیرانوند و حسین زاده [۱۱] پهنه‌بندی سیل را در رودخانه کشکان با استفاده از مدل HEC-RAS و سیستم

جغرافیایی GIS انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که این مدل توانایی خوبی در شبیه‌سازی شرایط هیدرولیکی رودخانه دارد. ختاک و همکاران [۱۲] پهنه‌بندی سیل را با استفاده از HEC-RAS و ترکیب آن با ArcGIS در حوضه رودخانه کابل در پاکستان انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که هنگام طغیان این رودخانه، بیش از ۴۰۰٪ مساحت در مقایسه با جریان طبیعی رودخانه به زیر آب می‌رود.

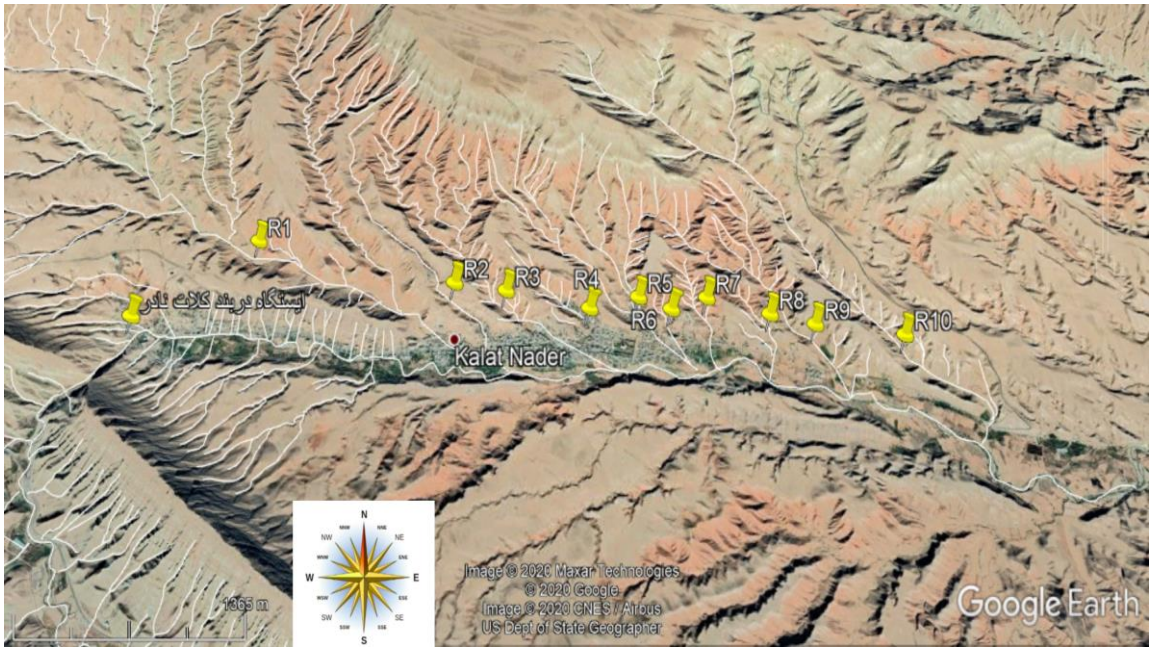
شهر کلات در امتداد رودخانه اصلی شهر گسترش یافته است. با گسترش شهر شدید شهر در دو دهه اخیر خسارات ناشی از سیل در این شهر افزایش یافته‌است. به نحوی که در چند سال اخیر، تقریبا همه ساله وقوع سیل خسارات زیادی را به شهر کلات وارد می‌کند. هدف از این پژوهش پهنه‌بندی خطر سیل و بررسی علل افزایش خسارات سیل و تاثیر سازه‌های نامناسب انتقال سیلاب بر شدت وخسارات سیل در شهر کلات می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱ منطقه مورد مطالعه

شهرستان کلات نادر در ۵۹ درجه و ۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه تا ۶۰ درجه و۲۷ دقیقه و ۲۵ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۴ دقیقه و ۲۰ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. در محدوده شهر کلات یک رودخانه در راستای غرب به شرق جریان دارد که شهر هم در امتداد آن به صورت خطی گسترش یافته‌است. این رودخانه، رود اصلی شهر کلات می‌باشد که در حوضه آبریز ژرف جریان دارد. موقعیت جغرافیایی شهر به گونه‌ای که از سمت جنوب توسط رودخانه و از سمت شمال توسط ارتفاعاتی که رواناب آن‌ها به سمت رودخانه جریان می‌یابد، گسترش یافته‌است (شکل ۱). موقعیت آبراهه‌ها و زیر حوضه‌های شهر کلات و موقعیت ایستگاه هیدرومتری دربند کلات نادری نیز در این شکل نشان داده شده‌است.

محدوده تحت پوشش هر یک از مسیل‌هایی که وارد این شهر می‌شوند به عنوان یک زیرحوضه در نظر گرفته شده‌اند. در نتیجه شهر و محدوده اطراف آن‌را می‌توان به ۱۱ زیر حوضه تقسیم کرد. از این میان، تعداد ۱۰ زیر حوضه در مسیل‌های ارتفاعات شمالی شهر جریان دارند، و رواناب ناشی از آنها مستقیما وارد شهر می‌شود. محدوده تحت پوشش رودخانه اصلی شهر (رودخانه ژرف)، زیرحوضه شماره ۱۱ را بوجود می‌آورد. تمامی سطح تحت پوشش این حوضه (حوضه ۱۱) تقریبا در خارج از شهر و در سمت جنوب این شهر گسترش یافته‌است. تنها ایستگاه هیدرومتری موجود در منطقه بر روی این رودخانه در محل ورودی شهر واقع شده‌است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت شهر کلات و حوضه‌های آبریز آن

۲-۲ نرم‌افزار HEC-RAS

یکی از روش‌های مدل‌سازی هیدرولیکی یک رودخانه، استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS (سیستم تحلیل رودخانه مرکز مهندسی ارتش آمریکا) (Hydrologic Engineering Center–River Analysis System) می‌باشد این نرم‌افزار قابلیت پردازش اطلاعات در سیستم GIS را دارد [۱۳].

۲-۳ افزونه Hec-GeoRAS

از این نرم‌افزارالحاقی برای پهنه‌بندی خطر سیلاب و همچنین پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه‌ها به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. این نرم‌افزار یک فایل اطلاعات جغرافیایی به منظور استفاده در HEC-RAS تولید می‌کند. همچنین می‌توان نتایج خروجی از HEC-RAS را به صورت گرافیکی در آن مشاهده کرد. این برنامه، با استفاده از داده‌های بدست آمده از شیپفایل‌های ArcGIS و TIN (مدل ارتفاعی) منطقه مورد نظر فایل ورودی مناسب برای HEC-RAS را می‌سازد. پس از انجام پهنه‌بندی در HEC-RAS می‌توان نتایج را به منظور تحلیل‌های مکانی از طریق افزونه Hec-GeoRAS به ArcGIS منتقل کرد [۱۴].

۲-۴ داده‌های مورد نیاز

در محدوده مطالعاتی تنها یک ایستگاه هیدرومتری در ابتدای شهر کلات وجود دارد که این ایستگاه تنها مقادیر دبی را در رودخانه اصلی اندازه‌گیری می‌کند. به منظور برآورد دبی در مسیل‌های ورودی به شهر از روش تبدیل بارش به رواناب، پیشنهاد شده توسط سازمان حفاظت خاک آمریکا SCS استفاده شد. برای برآورد دبی اوج در دوره بازگشت‌های مختلف، بارش‌هایی با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از روش SCS مقادیر دبی اوج برای هر زیر حوضه و در هر دوره بازگشت تعیین شد که مقادیر آن در جدول ۱ ارائه شده‌است [۱۰].

جدول۱- دبی اوج هر زیرحوضه (m^3/s) در دوره بازگشت‌های مورد نظر

نام زیر حوضه / دوره بازگشت	SB1	SB2	SB3	SB4	SB5	SB6	SB7	SB8	SB9	SB10	SB11
2	1.7	1.1	1.3	1.3	1.5	0.5	0.8	1.1	1.5	1.3	7.1
5	8.9	3.6	5.7	4.3	7.6	1.8	2.7	3.3	6.6	9.5	21.3
10	22.4	5.8	10	6.8	13.5	2.9	4.3	5.2	11.4	18	51.6
25	46.1	8.8	16.2	10.3	22.5	4.5	6.7	7.8	18.6	31.3	119.5
50	67.7	11.2	21.5	13.1	29.9	5.8	8.6	9.9	24.5	42.7	183.8
100	91.9	13.7	27	16.1	37.9	7.1	10.5	12.1	30.8	55	257.6
200	118.4	16.4	32.8	19.1	46.4	8.5	12.6	14.4	37.5	68.1	339.7

یکی دیگر از پارامترهای مورد نیاز برای پهنه‌بندی سیلاب در نرم‌افزار HEC-RAS، تعیین مقادیر ضریب زبری مانینگ است که بر اساس زبری رودخانه تعیین می‌شود. تعیین ضریب زبری مانینگ به عوامل مختلفی از قبیل شکل بستر ناشی از بار رسوبی، پوشش گیاهی، موانع عمودی در جهت جریان، جنس کف بستر، راستای آبراهه و وجود پیچ و خم ها و عمق آب بستگی دارد. برای یک رودخانه ممکن است محدوده وسیعی از تغییرات در ضریب زبری مانینگ وجود داشته باشد که این محدوده باید با استفاده از بازدید میدانی و قضاوت کارشناسی تعیین شود.

یکی از روش های تعیین ضریب مانینگ استفاده از روش Cowen است که از رابطه ۱ قابل محاسبه است:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m \quad (۱)$$

که در این معادله : n_0 یک ضریب زبری پایه است که با توجه به جنس کانال یکنواخت، صاف و مستقیم انتخاب می‌شود. ضرایب اصلاحی در برگیرنده n_1 اثرات نامنظمی سطح مقطع، n_2 چگونگی تغییرات سطح مقطع، n_3 وجود موانع در مسیر کانال، n_4 وجود پوشش گیاهی، m درجه مارپیچی رودخانه هستند.

با توجه به بازدیدهای میدانی و با توجه به شرایط رودخانه و مسیل‌ها مقادیر عدد مانینگ برای ۱۰ مسیل شمالی شهر عدد ۰،۰۸۹۷ و برای رودخانه اصلی ۰،۰۷۶۵ و سیلاب دشت رودخانه اصلی ۰،۱۰۱ برآورد شدند.

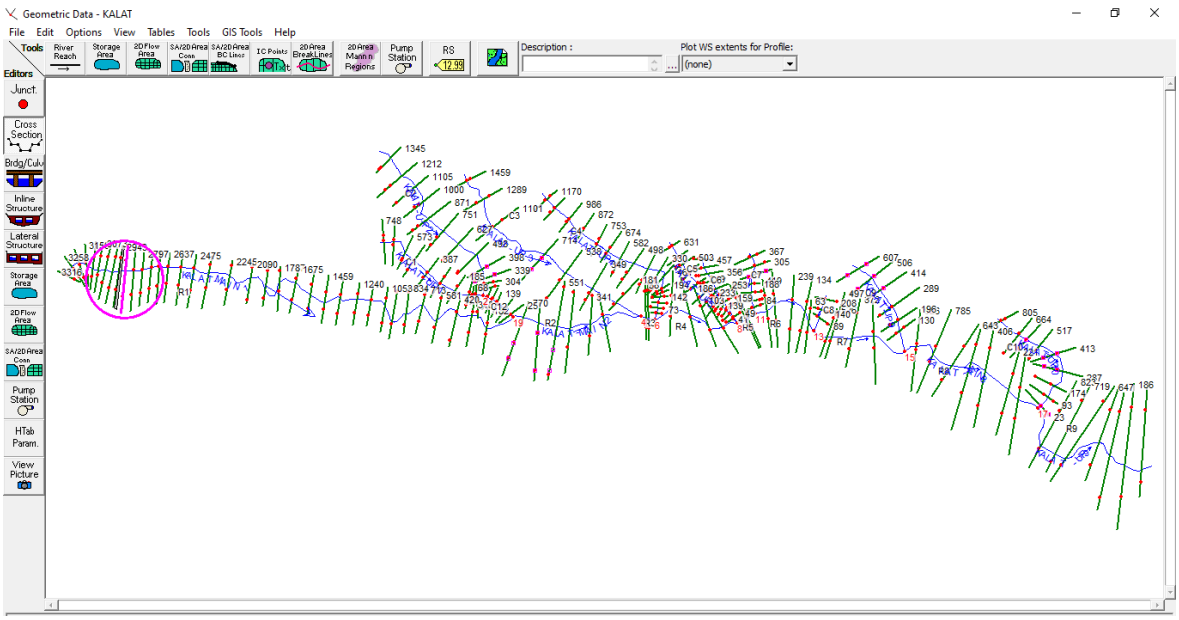
بر روی رودخانه اصلی و در ابتدای شهر کلات، یک پل ۴ دهنه به طول ۶۸ متر وجود دارد که مشخصات هندسی آن اندازه‌گیری شد و به عنوان یکی از عوامل مهم در پهنه‌بندی سیل وارد محیط نرم‌افزار شد.

پس ا زتعیین مقادیر دبی اوج سیل در دوره بازگشت‌های مختلف در هر یک از مسیل‌ها و همچنین رود اصلی و تعیین مقادیر ضریب زبری مانینگ به منظور مدل‌سازی سیل مراحل زیر انجام شد.

- ابتدا مدل رقومی منطقه (TIN) با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی در محیط ArcGIS ساخته شد.
- سپس با استفاده از نقشه‌های آبراهه‌ها در حوضه مورد مطالعه، مقاطع عرضی مناسب برای هر آبراهه ایجاد شد و فایل ورودی به نرم‌افزار HEC-RAS ساخته شد.
- اطلاعات پل و ضرایب مانینگ در مدل وارد شد.
- با توجه به مقادیر دبی اوج و شیب آبراهه‌ها، پهنه‌بندی سیل در حوضه شهر کلات با فرض ماندگار بودن جریان انجام شد.

۳. نتایج و بحث

خطوط آبراهه‌ها و مقاطع عرضی بر روی رودخانه اصلی کلات و آبراهه‌ها پس از ایجاد شدن در محیط ArcGIS وارد HEC-RAS شدند. در این مدل‌سازی در کل از ۱۶۴ مقطع عرضی استفاده شد که تعداد ۷۶ مقطع بر روی رودخانه اصلی و بقیه آن‌ها با توجه به اندازه هر یک از آبراهه‌های فرعی بر روی مسیل‌ها رسم شدند. شکل ۲ مدل رودخانه و مقاطع عرضی را در نرم‌افزار HEC-RAS نشان می‌دهد.



شکل۲- مدل رودخانه کلات و ۱۰ مسیل منتهی به شهر در نرم‌افزارHEC-RAS

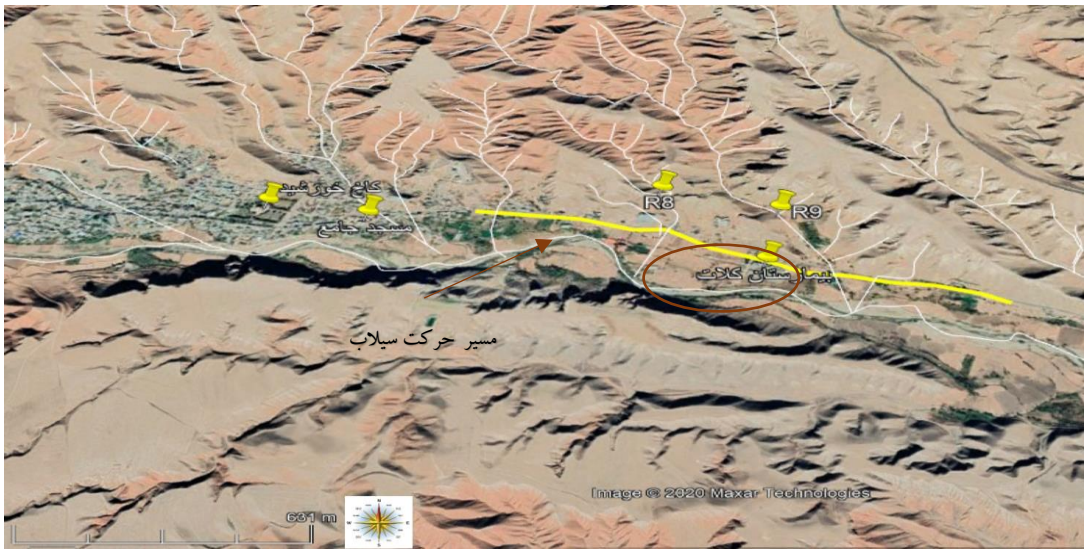
موقعیت شهر کلات به گونه‌ای است که با وجود اینکه شهر در امتداد رودخانه اصلی و تقریبا عمود بر مسیل‌ها گسترش یافته‌است، اما مسیر مناسبی برای انتقال سیلاب، هنگامی که به منطقه شهری وارد می‌شود در نظر گرفته نشده‌است. در برخی از این مسیل‌ها کالورت یا آبگذر یا معبری جهت انتقال سیلاب مسیل به رودخانه اصلی در نظر گرفته شده‌است.

در مسیل شماره ۳، یک کانال مستطیل شکل در طول مسیل تعبیه شده‌است که این کانال در نقطه اتصال به خیابان اصلی به یک دهانه مشبک به مساحت ۶ متر مربع متصل می‌شود. با توجه به شرایط این کانال از جمله شیب، ضریب زبری مانینگ و شکل آن، سرعت حرکت آب در آن برابر ۰٫۴ متر بر ثانیه و مساحت کانال عمود بر جهت جریان ۰٫۲ متر مربع برآورد شده‌است. بنابراین بیشترین دبی که این کانال می‌تواند عبور دهد برابر ۰٫۱۶ متر مکعب

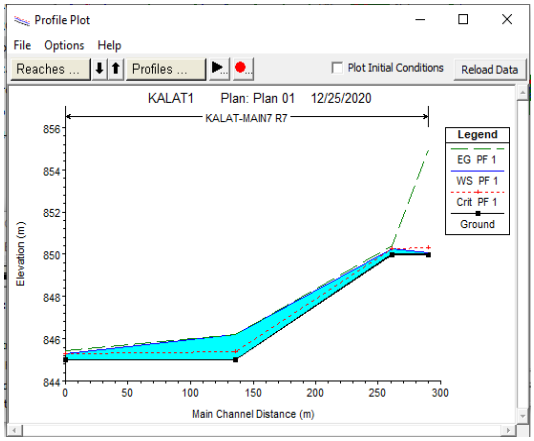
بر ثانیه است. که با توجه به مقادیر دبی اوج در جدول ۱ که برای بارش‌هایی با دوره بازگشت‌های مختلف برآورد شده‌است، این کانال حتی قابلیت انتقال دبی سیل با دوره بازگشت ۲ سال را ندارد.

همچنین در مسیل شماره ۲ یک کانال برای عبور سیلاب در این مسیر ساخته شده‌است. اما کف این کانال با مقدار زیادی نخاله پر شده‌است، همچنین دریچه کانال با زاویه نامناسبی نسبت به مسیر حرکت سیلاب قرار گرفته‌است. بر اساس محاسبات انجام شده، مقدار دبی که این کانال می‌تواند عبور دهد، ۱,۲ متر مکعب بر ثانیه است. بنا بر این، با توجه به مقادیر دبی اوج برآورد شده (جدول)۱ این کانال قابلیت عبور سیلاب با دوره بازگشت ۲ سال را نیز ندارد. همچنین شکل نامناسب دهانه کانال و زاویه آن باعث می‌شود سیلاب هنگام ورود به آن پس زده شد و منازل مسکونی اطراف آن دچار آب‌گرفتگی شوند.

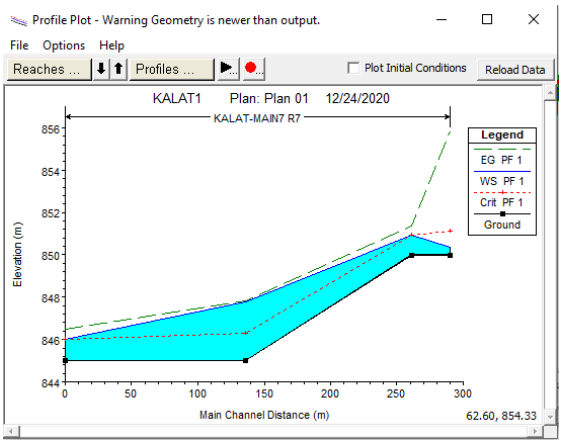
عمده سیلاب مسیل‌ها پس از جاری شدن در سطح شهر به سمت غرب (موازی رودخانه اصلی) حرکت می‌کنند. بیمارستان شهر کلات در بین مسیل‌های ۸ و ۹ قرار دارد و سیلاب جاری شده در شهر به سمت بیمارستان حرکت می‌کند. شکل ۳ محل بیمارستان شهر کلات را مشخص می‌کند. مسیر حرکت آب در بین دو مسیل ۸ و ۹ در این شکل با رنگ زرد نشان داده شده‌است. شکل‌های ۴ و ۵ پروفیل سیلاب ۱۰ ساله و ۲۰۰ ساله در فاصله مسیل ۸ و ۹ را نشان می‌دهند.



شکل۳- مسیر حرکت سیلاب به سمت بیمارستان (بین دو مسیل ۸ و ۹)

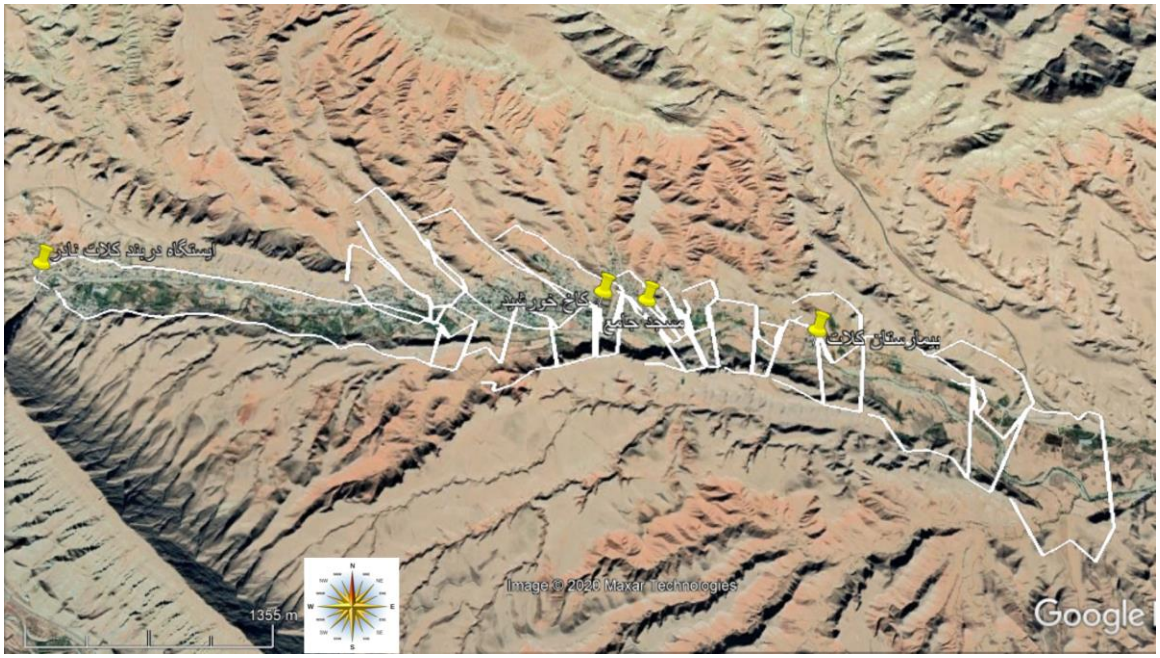


شکل۴- پروفیل سطح آب سیلاب ۱۰ ساله در فاصله دو مسیل ۸ و ۹



شکل۵- پروفیل سطح آب سیلاب ۲۰۰ ساله در فاصله دو مسیل ۸ و ۹

پس از این نتایج مدل HEC-RAS به منظور بررسی پهنه سیلاب به نرم‌افزار ArcGIS انتقال داده شد. برای مشاهده دقیق‌تر و بررسی دقیق پهنه سیل نتایج در Google Earth Pro فراخوانی شدند. شکل۶ نشان دهنده پهنه سیل با دوره بازگشت ۲۰۰ سال است. نقاط مهم شهر مانند کاخ خورشید، مسجد جامع و بیمارستان (که در پائین دست شهر قرار دارد) در این نقشه جانمایی شده‌اند.



شکل ۶- پهنه سیلاب ۲۰۰ ساله

۴. نتیجه‌گیری

با افزایش دوره بازگشت و افزایش دبی اوج، پهنه سیلاب نیز گسترده‌تر می‌شود و واضح است که خسارات ناشی از سیل نیز افزایش می‌یابد. رواناب جاری شده مسیل‌های مذکور از ارتفاعات شمالی شهر سر چشمه می‌گیرند و در مسیر طبیعی خود به حرکت در می‌آید و به سمت رودخانه اصلی حرکت می‌کند. اما شهر کلات به گونه‌ای گسترش یافته‌است، که منازل مسکونی در دل این کنار و مسیر عبور این مسیل‌های طبیعی ساخته شده‌اند و آسفالت کوچه‌ها در بستر مسیل‌ها قرار دارد. این در صورتی است که آبگذر مناسبی برای این‌که آب در آن جریان پیدا کند وجود ندارد. در تنیجه سیلاب وارد کوچه‌هایی می‌شود که در بستر مسیل‌ها شکل گرفته‌اند. این سیلاب به‌راحتی وارد منازل مسکونی می‌شود و خسارات زیادی به بار می‌آورد.

در خیابان اصلی شهر که موازی رود اصلی و تقریبا عمود بر مسیل‌ها گسترش یافته‌است، معابری برای عبور آب تعبیه شده است این سازه‌ها بدون هیچ‌گونه طراحی هیدرولیکی و حتی نسبتا موقت ساخته شده‌اند. عدم طراحی این سازه‌های انتقال سیلاب ، سبب شده است که این سازه‌ها نتوانند سیل را از یک سمت شهر به سمت دیگر شهر و رودخانه اصلی هدایت نموده و در نتیجه حجم بسیار زیادی از سیل مستقیما در سطح شهر جریان یافته و باعث آبگرفتگی و خسارت به منازل، مکان‌های اداری یا تجار ی و سایر تاسیسات شهری می‌شود. در برخی مسیل‌ها به دلیل شیب زیاد و سطوح غیرقابل نفوذ، حتی دبی اوج سیلاب‌هایی با دوره بازگشت کم (کمتر از دو سال) هم مقادیر قابل توجهی را به خود اختصاص می‌دهند، اما کانال‌هایی که برای انتقال سیلاب به رودخانه تعبیه شده است، قابلیت انتقال این دبی را ندارند و در نتیجه سیلاب وارد شهر شده و باعث ایجاد خسارات مالی و جانی می‌شود. همان طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، در هنگام وقوع سیلاب بیشتر منازل مسکونی، مسجد جامع و بیمارستان شهر در پهنه سیل قرار می‌گیرند.

پیشنهاد می‌شود به منظور کاهش خسارات سیل و هدایت سیل به شیوه‌ای امن به خارج از شهر، آبگذها یا کالورت‌هایی برای انتقال ایمن سیلاب به سمت رودخانه اصلی طراحی و اجرا شوند.

۴. مراجع

1. Teng, J. A. J. Jakeman, J. Vaze, B. F. W. Croke, D. Dutta, and S. Kim. (2017). Flood inundation modelling: A review of methods, recent advances and uncertainty analysis. *Environ. Modell. Software* 90, 201–216.
2. Kreibich, H. P. Bubeck, M. Van Vliet, and H. De Moel. (2015). A review of damage-reducing measures to manage fluvial flood risks in a changing climate. *Mitigation Adapt. Strategies Global Change* 20(6) 967-989.
3. Dutta, D. S. Herath, and K. Musiake. (2003). A mathematical model for flood loss estimation. *J. Hydrol.* 277(1), 24–49.
4. Jongman, B. H. Kreibich, H. Apel, J. I. Barredo, P. D. Bates, L. Feyen, A. Gericke, J. Neal, J. C. J. H. Aerts, and P. J. Ward. (2012). Comparative flood damage model assessment: Towards a European approach. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*. 12(1), 3733–3752.

۵. محمدی معله زاده، ج. خدارحمی، ی. گلابی، م. (۱۳۹۶)،برآورد هیدروگراف سیلاب با مدل HEC-HMS و شبیه‌سازی پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل HEC-RAS (مطالعه موردی؛ حوضه آبریز بختیار، رودخانه کارون)،دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران،شهرکرد.

6. George, A.B. (1982). Devon floods and Waterways of bridges. Proc. *Instn Civ. Engrs*, 73(1),125-134.
7. Bates, P.D. (2004). Remote sensing and flood inundation modeling. *Hydrological Processes*, 18(1), 2593–2597.

۸. قادری، س. ج. حبیبی،د. (۱۳۹۶). پهنه‌بندی خطر سیل و تعیین حدود بستر رودخانه باراندوزچای ارومیه با استفاده از مدلHEC-RAS ،سومین کنفرانس ملی مهندسی مکانیک- عمران و فناوری های پیشرفته،اسفراین

9. Knebl, M.R. Yang, Z.-L. Hutchison, K. Maidment, D.R. (2005). Regional scale flood modeling using NEXRAD rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: a case study for the San Antonio River Basin Summer 2002 storm event. *Journal of Environmental Management* 75(4), 325–336.
10. Gichamoa, T.Z. Popescua, I. Jonoski, A. Solomatinea D. (2012). River cross section extract from the ASTER global DEM for flood modeling. *Environmental Modelling & Software*, 31(1), 37-46.

۱۱. پیرانوند،س. حسین زاده،م. (۱۳۹۳). پهنه‌بندی رودخانه کشکان با استفاده از مدل هیدرولیکی HECRAS و سیستم اطلاعات جغرافیایی. اولین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه ریزی، معماری و شهرسازی تهران.

12. 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. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 41(1), 1375–1390.

۱۳. جبلی فرد، س. احمدی، ح. (۱۳۹۵). *راهنمای کاربران سیستم تحلیل رودخانه HECRAS*. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر. جلد دوم .

۱٤. قاضی زاده، ا. گنجی، ز. اژدری، خ. (۱۳۹۵) پهنه‌بندی خطر سیل با استفاده از مدل HEC-RAS و GIS در مقیاس ۱:۲۰۰۰ (مطالعه موردی: رودخانه هلیل رود، شهرستان جیرفت)،دومین کنفرانس علوم، مهندسی و فناوری های محیط زیست،تهران.