

مقاله علمی- پژوهشی

شناسایی مناطق بحرانی ناشی از سیلابهای ناگهانی شهر چاریکار با روش MFFPI

موسی رسائی^۱، محمود ذاکری نیری^۲، وفی الله صدیقی^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴

چکیده

سیل به عنوان مهمترین و فراگیرترین مخاطره طبیعی رشد چشمگیری در سالهای اخیر در سراسر جهان داشته است. این پدیده که از نوسانات اقلیمی در طبیعت رخ می دهد اکثراً منجر به تلفات انسانی و خسارات مالی می گردد. از جمله انواع سیلاب ها، سیلاب های شهری بیشترین خسارات و تلفات را به خود اختصاص داده است. در کشور افغانستان بدلیل نبود مطالعات کافی و استاندارد های شهرنشینی، مردم اقدام به ساخت و ساز های غیر معیاری در مسیر آبریز ها می کنند که این امر همراه با افزایش نفوس، گسترش شهرها و کاهش چشمگیر سطوح قابل نفوذ در مناطق شهری، منجر به حوادث ناگوار سیل با تلفات زیاد می گردد. بنابراین نظارت و مطالعه برنامه ریزی شده سیلاب ها برای مدیریت و کاهش خطرات ناشی از آن حایز اهمیت است. در مطالعه حاضر، شهر چاریکار که در ۶۴ کیلومتری پایتخت افغانستان در یکی از دامنه های کوه هندوکش واقع است، مورد بررسی قرار گرفته است. با چگونگی قرار گیری مناطق مسکونی در پایین دست آبریزها، این شهر همه ساله از اثر بارندگی های اوروگرافی و سیل ناگهانی تهدید می شود. مطالعه حاضر با استفاده از روش شاخص پتانسیل سیلاب ناگهانی تغییر یافته (MFFPI) به تحلیل و ارزیابی این پدیده با استفاده از پارامتر های فیزیوگرافی پرداخته است که با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق مناطق امن و دارای خطر مشخص گردیده است. نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد که ۹۳.۵ کیلومتر مربع مساحت شهر چاریکار در پهنه خطر خیلی زیاد واقع بوده که ۳۵ درصد کل مساحت شهر را شامل می شود همچنان پهنه های خطر کم و خیلی کم بترتیب ۱۹ و ۱۶ درصد کل مساحت بوده که منطبق با ارتفاعات است. بعد از جمع بندی و نتیجه گیری مشخص گردید نتایج بدست آمده ازین پژوهش با گزارشات و سوابق تاریخی مطابقت دارد.

واژه های کلیدی: سنجش از دور، سیلاب ناگهانی، شهر چاریکار، ArcGIS، FFPI

مقدمه

می باشد (خرمی پور و همکاران، ۱۴۰۳). درین میان سیلاب ناگهانی به عنوان یک خطر جدی، سیل سریعی است که ناشی از بارش سنگین یا رها شدن ناگهانی آب در دوره کوتاه مدت است که آب بر سطح زمین جاری می شود. سیل های بزرگ پیامد های همچون، اثر های هیدرومورفولوژیکی، بیولوژیکی و اقتصادی-اجتماعی را در پی دارد. این امر به معنای ایجاد هزینه های زیاد مالی و کاهش توسعه اجتماعی - اقتصادی است (Nural, et al., 2022).

سیلاب های آبی با مشخصاتی چون وقوع ناگهانی، خسارات وسیع و تخریب سریع در سال های اخیر روند صعودی و هشدار دهنده داشته اند (Gue et al, 2018). افغانستان سالانه شاهد سیلاب های ناگهانی بسیاری به ویژه در مناطق کوهستانی خود است. جهت کاهش اثرات این سیلاب ها در مناطق آبیگر و پایین دست، مطالعات عمیق و مشخصی در توضیح پروسه هیدرولوژیکی منطقه و شناسایی عوامل ایجاد خطر، ضروری می باشد (Azizi, 2014). متغیر های

سیل یکی از مخربترین بلایای طبیعی به شمار می رود که خسارات جانی و مالی سنگینی به بار می آورد. بر این اساس اقدامات زیادی قبل، حین و بعد از سیل موثر هستند. با توجه به اهمیت تخمین دقیق هیدروگراف سیلاب خروجی از بازه های پایین دست در مدیریت و کنترل سیل، ارائه روش های بهینه در این زمینه دارای اهمیت

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی،

اسلامشهر، ایران

۲- دانشیار گروه مهندسی عمران، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی،

اسلامشهر، ایران

۳- کارشناس ارشد گروه مهندسی عمران، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی،

اسلامشهر، ایران

*- نویسنده مسئول: wafiullah.seddiqi@gmail.com

این پژوهش با مطالعه سیلاب آنی در افغانستان بطور مشخص با مطالعه موردی شهر چاریکار، تلاش کرده تا با شناسایی مناطق سیل خیز با روش MFFPI که تا هنوز در کشور افغانستان به آن پرداخته نشده، به اهداف مشخص شده در این پژوهش که پهنه بندی خطر سیل ناگهانی در شهر چاریکار می باشد نایل شده و خسارات و آسیب های ناشی از این بالای طبیعی را کاهش دهد.

روش مطالعه

روش شاخص پتانسیل سیلاب ناگهانی (FFPI) اولین بار در سال ۲۰۰۳ توسط مرکز پیش بینی خدمات آب و هوایی ملی کلرادو برای پروژه سیلاب ناگهانی منطقه غربی^۱ در ایالات متحده آمریکا پایه گذاری و برای موارد متعدد در ایالات متحده مورد استفاده قرار گرفت. این روش به منظور استفاده در ارزیابی های معمولی هم چون پیش بینی و نظارت سیلاب های ناگهانی (FFMP) کاربرد دارد (Smith, 2003). روش شاخص پتانسیل سیلاب ناگهانی بعد از آمریکا در نقاط مختلف جهان اصلاح شده و استفاده شد.

هدف FFPI توصیف کمی خطر سیل ناگهانی برای یک منطقه معین بر اساس ویژگی های ذاتی و همیشگی آن منطقه است، مانند شیب، پوشش زمین، کاربری زمین، و نوع یا بافت خاک. با شاخص بندی خطر سیلاب ناگهانی برای یک منطقه خاص، FFPI به کاربر این امکان را می دهد تا ببیند کدام زیرحوضه ها نسبت به سایرین مستعد سیل ناگهانی هستند. بنابراین، FFPI را می توان یکی از ابزارهای آگاهی موقعیتی در نظر گرفت که می تواند برای ارزیابی خطر سیل ناگهانی استفاده شود (Zogg, 2018). مجموعه داده هایی که در ابتدا برای محاسبه FFPI مورد استفاده قرار گرفتند عبارت بودند از: شیب، پوشش یا کاربری زمین، بافت خاک و پوشش گیاهی یا پوشش / تراکم جنگل. به گفته اسمیت، این عوامل بر وقوع سیل تأثیر می گذارد (Smith, 2003). بافت و ساختار خاک بر نفوذ و ماندگاری آب تأثیر می گذارد، شیب و هندسه حوضه رفتار آب را تعیین می کنند، مانند سرعت و مسیر دهی رواناب، جنگل و پوشش گیاهی بر رهگیری بارندگی تأثیر می گذارد، کاربری زمین به ویژه شهرنشینی نقش بسزایی در نفوذ، تمرکز، و رفتار نشت آب دارد.

منطقه مورد مطالعه

شهر چاریکار در ۶۴ کیلومتری شهر کابل پایتخت افغانستان و مرکز این شهر در مختصات جغرافیایی 35.01306 شمالی و 69.16889 شرقی واقع شده است. این شهر در مرکز کشور در یکی از دامنه های کوه هندوکش با تپه ها و دره های متعدد کنار رودخانه های پنجشیر و غوربند قرار دارد که دارای ارتفاع متوسط ۱۶۰۰ متر از

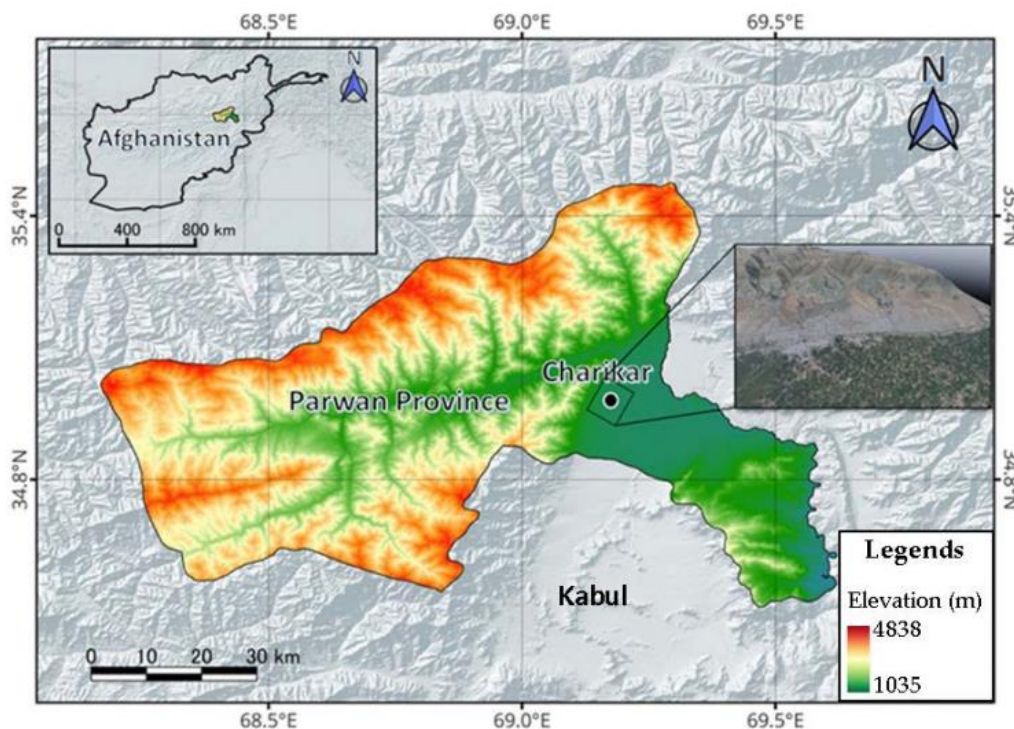
چون شرایط اقلیمی و ریخت شناسی منطقه که باعث نوسانات فصلی و جغرافیایی می شوند نقش تاثیرگذاری در ایجاد سیلاب های آنی بازی می کنند (Embabi, 2004). بسته به کاهش جریان و انتقال رسوب، تاثیر سیل آنی در یک حوزه آبریز متفاوت است (Khosravi, 2019). ارزیابی عوامل و پیامد های این تاثیر امکان پذیر نیست مگر با روش های استراتژیک معقول جایگزین برای جلوگیری و پیش بینی سیلاب.

متاسفانه، بدلیل عدم درک و کالیبراسیون مدل های هیدرولوژیکی اندازه گیری ها و مشاهدات هیدرولوژیکی در محیط های خشک به ندرت انجام می شود که برای توصیف دقیق این فرآیندها کافی نیست. در بیشتر حالات مخصوصا در کشور های در حال توسعه بدلیل کمبود ایستگاه های هواشناسی این داده ها و اطلاعات در دسترس نمی باشد (Zaki, 2019). چالش های روز افزون هیدرولوژیکی ایجاد می کند تا ارزیابی، مدلسازی و ایجاد رابطه دقیقتر بین مفاهیم ساخت و ساز شهری، هیدرولوژی و طرح ریزی استفاده اراضی انجام پذیرد که این امر نیازمند مجموعه از داده های دقیق و قابل اطمینان است (El Hames, 1998). با محدود بودن ایستگاه های هواشناسی و عدم قطعیت و اطمینان لازم داده ها در مناطق خشک، ارائه مدل های هیدرولوژیکی دقیق از نظر فنی امکان پذیر نیست. بنابراین، به هدف محافظت از جان و دارایی هزاران آدم نیاز است تحقیقات دقیق و همه جانبه در مورد فجایع طبیعی از اثر سیلاب آنی و همچنین عوامل و احتمال این سیلاب ها با استفاده از امکانات ساحوی و یا سنجش از راه دور انجام شود (Atefi and Miura, 2022).

اسمیت، به ارزیابی سیلاب ناگهانی در حوضه رودخانه کلرادو در آمریکا با استفاده از مدل FFPI پرداخت و نتایج نشان داد که پهنه های خطر در اطراف بستر سرشاخه های اصلی قرار دارند (Smith, 2003). مینیا، بر اساس مدل FFPI به پهنه بندی پتانسیل خطر سیلاب ناگهانی حوضه بسکا در رومانی پرداخت که نتایج حاکی از پتانسیل زیاد خطر سیلاب ناگهانی در خروجی حوضه است (Minea, 2013). بورس و ریتیگان به ارزیابی پتانسیل سیلاب ناگهانی بر اساس مدل FFPI در حوضه تلیاجین رومانی پرداختند و دریافتند که خروجی حوضه و حواشی رودخانه اصلی، بیشترین پتانسیل سیل خیزی را دارند (Borcan and Retegan, 2016). کاو و همکاران با استفاده از مدل فراوانی وقوع به تهیه نقشه پهنه بندی های ناگهانی در اطراف پکن در چین پرداختند و دریافتند که نواحی مرکز حوضه و در امتداد رودخانه اصلی، با بیشترین خطر رخداد سیلاب ناگهانی مواجه اند (Cao et al., 2016). تینکو و همکاران در حوضه تروتوس رومانی با استفاده از مدل MFFPI به پهنه بندی پتانسیل خطر سیلاب ناگهانی پرداختند. یافته های آنها نشان داد که ۱۰ درصد مساحت حوضه در معرض خطر شدید سیلاب ناگهانی قرار دارد (Tincu et al., 2018).

دمای ۲- درجه سانتیگراد بوده میزان بارندگی سالانه در حوضه چاریکار حدود ۳۵۰ میلی‌متر می‌باشد. بیشترین بارندگی در فصل زمستان و کمترین بارندگی در فصل تابستان رخ می‌دهد (اداره ملی تنظیم امور افغانستان، ۱۳۹۹).

سطح دریا است. آب و هوای چاریکار معتدل با زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم می‌باشد. میانگین دمای سالانه در حوضه چاریکار حدود ۱۲ درجه سانتیگراد است. گرم‌ترین ماه سال جولای با میانگین دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و سردترین ماه سال ژانویه با میانگین



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و نقشه توپوگرافی شهر چاریکار (Atefi and Miura, 2020)

ارائه کردند. اصلاح کلیدی این بود که به همه عناصر وزن یکسانی داده شد و معادله (۳) که توسط کروزدلو (Kruzdlo, 2010) ایجاد شد، عبارت است از:

$$FFPI = \frac{(1.5M + L + S + 0.5V)}{4} \quad (2)$$

در سال ۲۰۱۲ جوزف سرو، FFPI را در کالج ایالتی WFO، پنسیلوانیا اجرا کرد و نسخه اصلی FFPI را تغییر داد، تغییر این بود که وزن اضافی به شیب و همچنین پوشش یا استفاده از زمین داده شد (Ceru, 2012).

سناریوی FFPI فوق برای توصیف کمی خطر سیل ناگهانی بر اساس ویژگی‌های استاتیکی سلول مانند شیب سطح، پوشش زمین، کاربری زمین و نوع یا بافت خاک است. با شاخص بندی کردن خطر سیل ناگهانی سلولی، FFPI به کاربر این امکان را می‌دهد که ببیند کدام سلول بیشتر از سایرین مستعد سیل ناگهانی است (Cau, 2016). برای تکمیل مدل ریسک، لینکلن، زوگ افزودن یک شاخص آسیب پذیری را به FFPI پیشنهاد کردند (Zogg Et al., 2018). این

مدل شاخص پتانسیل سیلاب ناگهانی اصلاح شده (MFFPI¹)

شاخص پتانسیل سیلاب ناگهانی اصلاح شده روش توسعه یافته FFPI معمولی است که با اعمال تغییرات در وزن پارامترهای مختلف و یا تعداد فاکتورهای دخیل اقدام به تغییر حالت اصلی روش FFPI می‌نماید، که در زیر به چند مورد از آنها می‌پردازیم:

جیمز بروستر روش شاخص پتانسیل سیلاب ناگهانی را برای WFO بینگ همتون در سال ۲۰۰۹ اجرا کرد، او FFPI را از نسخه اصلی اسمیت برای استفاده در WFO Binghamton تغییر داد. تغییرات آن شامل عوامل وزنی می‌باشد، بنابراین معادله نهایی (۲) توسط بروستر (Brwester, 2009) عبارت است از:

$$FFPI = \frac{(1.5M + L + S + 0.5V)}{4} \quad (1)$$

ریموند کروزدلو و جوزف سرو اصلاحات دیگری، برای اجرای FFPI در کالج ایالتی WFO، پنسیلوانیا در سال ۲۰۱۰ در روش اصلی

1 Modified flash flood potential index

از سیل استفاده شده اند. مطالعه دیگری که توسط مینیا انجام شد، از چهار عامل، بافت خاک، شیب زمین و انحنای پروفیل برای بدست آوردن شاخصی برای شناسایی مناطق با پتانسیل بالای سیل استفاده کرد (Minea, 2013). این شاخص از روش پیشنهادی توسط اسمیت اقتباس شده است (Smith, 2003). در این مورد نویسنده ادعا می کند که روش FFPI در اینجا نتایج رضایت بخشی داشته است و واقعیت میدان را منعکس می کند و تصریح می کند که در پی مشاهدات و بررسی های شخصی در این زمینه، یک همبستگی قوی بین مناطق و طبقات سیل زده پیدا کرده است.

روش بطور گسترده در کشور های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است، از جمله در کشور توسط منصور پروین برای حوضه های قصر شیرین و اسلام آباد غربی (پروین، ۱۳۹۸)، در مالیزی توسط نورال برای منطقه شاه علم (Nural, 2023)، در ایالات متحده توسط اسمیت برای بررسی و پهنه بندی در حوضه کلرادو (Smith, 2018)، همچنان در کشور رومانی این روش توسط چندین نویسنده برای مناطق مختلف استفاده شده است. تیرنوو این روش را با استفاده از چهار عامل، به ترتیب ساختار خاک، درجه جنگل کاری، میزان بارندگی و گرادیانت شیب، به کار برد (Tirnuan et al., 2014). این لایه های موضوعی برای به دست آوردن شاخص پتانسیل پیشگیری

جدول ۱- سناریو های مختلف روش شاخص پتانسیل سیلاب ناگهانی (FFPI)

سناریو	فرمول	پارامتر ها	یادداشت
۱	$(1.5M + L + S + V)$ ۴.۵	شیب، پوشش زمین، نوع خاک، پوشش گیاهی	(Smith, 2003)
۲	$(1.5M + L + S + 0.5V)$ ۴	شیب، پوشش زمین، نوع خاک، پوشش گیاهی	(Brewster, 2009)
۳	$(M + L + S + V)$ ۴	شیب، پوشش زمین، نوع خاک، پوشش گیاهی	(Kruzdló & Ceru, 2010)
۴	$(2M + 2L + S + V)$ ۶	شیب، پوشش زمین، نوع خاک، پوشش گیاهی	(Ceru, 2012)



شکل ۲- روندنمای مراحل کار روش MFFPI

جدول ۱- نحوه امتیاز دهی پارامترهای مدل MFFPI (تینکو و همکاران، ۲۰۱۸)

پارامتر	وزن	طبقه	وزن هر طبقه	امتیاز نهایی
شیب	۳	0-3	۵	15
		3-6	۴	12
		6-8	۳	9
		8-10	۲	6
		10-60	۱	3
تراکم جریان	۲.۵	0-1	۱	۲.۵
		1-2	۲	۵
		2-3	۳	۷.۵
		3-4	۴	۱۰
		4-11	۵	۱۲.۵
انحنای دامنه	۲	-18-(-49)	۱	۲
		-9-(-0.5)	۲	۴
		-0.5-0.5	۳	۶
		0.5-1.5	۴	۸
		1.5-30	۵	۱۰
بافت خاک	۱	ماسه-رسی	۱	۱
		ماسه-لومی-رسی	۲	۲
		بافت های مختلف	۳	۳
		رسی	۴	۴
		رسی-سیلتی-مواد رسی دار	۵	۵
پوشش زمین	۰.۵	جنگل و باغ	۱	۰.۵
		مرتع متراکم و نیمه متراکم	۲	۱
		زمین زراعی	۳	۱.۵
		زمین های بدون پوشش گیاهی	۴	۲
		مناطق مسکونی	۵	۲.۵

تحلیل و مواد پژوهش

مراحل عمده تحلیل

الف: جمع آوری داده ها: درین مرحله داده های مورد نیاز جمع آوری و در یک سیستم واحد زمین مرجع می گردند. لایه های پارامترهای شیب توپوگرافی^۱، تجمع جریان^۲ و انحنای دامنه^۳ از DEM ۱۰ متر منطقه استخراج شده اند. لایه پوشش زمین^۴ از نقشه اصلاح شده کاربری اراضی^۵ و پوشش اراضی استان پروان و لایه بافت خاک^۶ از نقشه خاک ۱:۲۰۰۰۰۰ افغانستان استخراج شدند.

ب: تغییر داده ها: تغییر لایه های وکتوری (چندضلعی توپولوژی)

به لایه های رستری. پوشش زمین و بافت خاک در فرمت ویکتوری استخراج شده و با استفاده از ابزار تبدیل^۷ به فرمت رستری با ریزولوشن ۱۰ متر تغییر یافتند.

ج: طبقه بندی مجدد داده ها: لایه های رستری بعد از استخراج شدن طبقه بندی مجدد شد. هر یک از فاکتورهای پنج گانه فیزیوگرافیکی بدست آمده در قالب لایه های رستری به ۵ کلاس تقسیم بندی شد (جدول ۳-۴). نظر به پاسخ هیدرولوژیکی این فاکتورها و با استفاده از عملکرد بازپس گیری از ابزارهای تحلیلگر فضایی، به ترتیب به دست آمد.

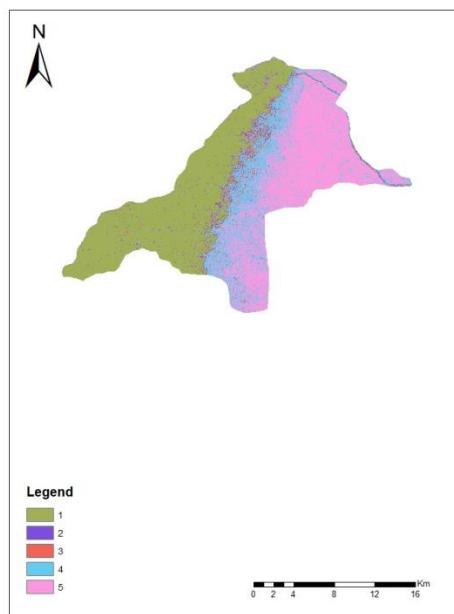
تحلیل پارامترها:

شیب زمین: شیب توپوگرافی تابع ناهمواری سطح زمین است و نقش بسیار مؤثری در نفوذ آب و ایجاد سیل دارد در نواحی با شیب بین ده تا شصت درجه به علت افزایش سرعت رواناب، انباشت آب

- 1- Slope
- 2- Flow accumulation
- 3- Profile curvature
- 4 Land cover
- 5 Land use
- 6 Soil texture

7 Conversion

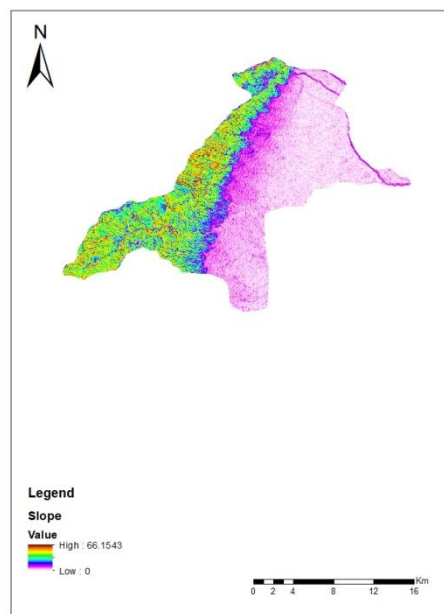
(شکل ۳ الف). نقشه شیب شهر چاریکار با توجه به جدول ۵ به پنج طبقه تقسیم شده است. طبقات شیب ۰ تا ۳ درجه منطبق بر محدوده مناطق هموار، بیشترین امتیاز و طبقه شیب ۱۰ تا ۶۰ درجه و بالاتر منطبق بر ارتفاعات فرسایشی حوضه، کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده اند (شکل ۳ ب).



شکل ۳ ب- نقشه وزندار شیب

کم شده و امتیاز ۱ را به خود اختصاص می دهد. در نواحی شیب صفر تا سه درجه، انباشت آب صورت گرفته و امکان وقوع سیلاب افزایش می یابد که بیشترین امتیاز را دارد. (پروین، ۱۳۹۸)

شهر چاریکار که در یکی از دامنه های کوه هندوکش واقع شده است در برگرفته ارتفاعات فرسایشی، تپه های مسلسل و قسمت های هموار است و شیب توپوگرافی آن بین ۰ تا ۶۶ درجه متغیر است



شکل ۳ الف- نقشه شیب

ایجاد سیل افزایش می یابد. (پروین، ۱۳۹۸). (شکل ۶ الف و ب) به ترتیب نقشه نیمرخ انحنای دامنه و نقشه امتیازدهی شده این پارامتر را نشان می دهد که به علت ناهمواری و فرسایش یافتگی حوضه، نیمرخ دامنه ها متغیر است و بیشتر آنها نیمرخ محدب دارند، بنابراین بیش از نیمی از دامنه های حوضه محدب هستند و امتیاز زیاد را به خود اختصاص داده اند.

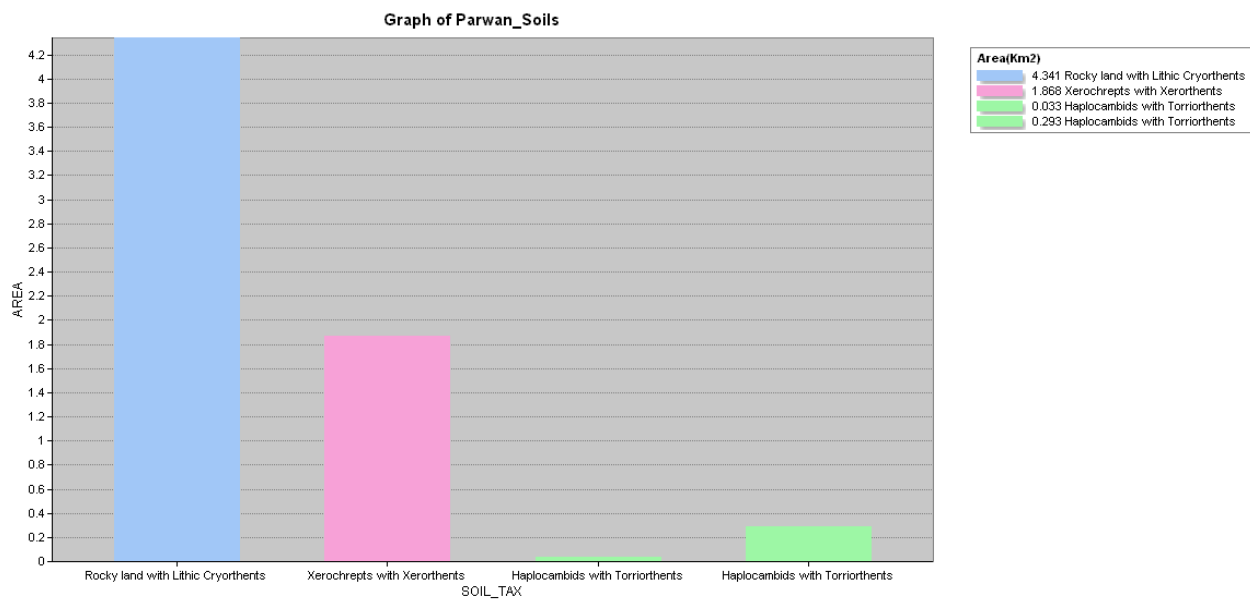
تراکم جریان: فاکتور تراکم جریان، چگونگی تجمع آب را در هر سلول از سطوح مجاور نشان می دهد. سلول های با انباشت زیاد آب معمولاً کانال روخانه ها و شبکه زهکشی را نشان می دهد و به علت تجمع آب نقش زیادی در ایجاد سیل دارد (Tinko et al., 2018).

شکل ۷ (الف و ب) به ترتیب نقشه تجمع جریان و نقشه لایه امتیازدهی شده این پارامتر را نشان می دهد. آبراهه های رتبه پایین و دامنه ها، کمترین امتیاز و آبراهه های رتبه بالا به علت انباشت بیشتر آب، بیشترین امتیاز را دارند.

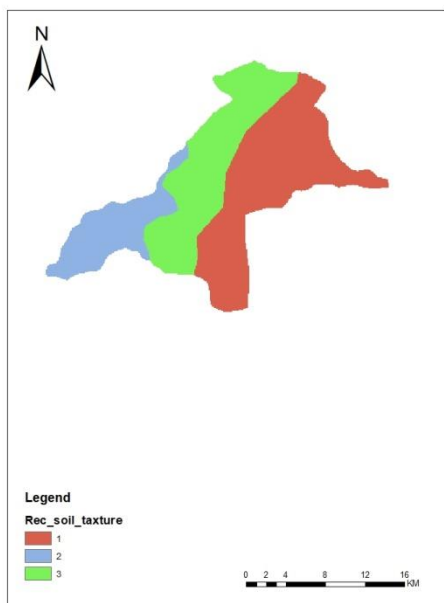
بافت خاک: بافت و ساختار خاک با کنترل میزان نفوذ آب و نگهداشت آن باعث تاثیر بر سیل می شود. خاک های با نفوذپذیری زیاد و نگهداشت مناسب آب باعث کاهش رواناب و کاهش سیل می شود (Tinko et al., 2018).

خاک حوضه مورد مطالعه متأثر از شرایط سنگ مادر و رخنمون سازندهای مارنی و شیلی، اقلیم خشک و توپوگرافی ناهموار است (شکل ۴) و بیشتر مساحت آن، خاک های شن دار، رسی-سیلتی و سنگی است (شکل ۵ الف). این نوع خاک ها به علت نفوذپذیری کم در ایجاد سیل موثرند و بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده اند. (۵ ب)

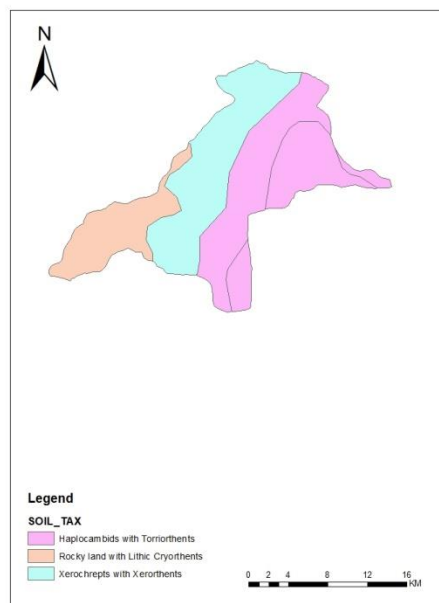
انحنای دامنه: نیمرخ انحنای دامنه اجزای خط الراس و خط القعر را مشخص می کند. در نواحی محدب، سرعت رواناب افزایش یافته است و این امر باعث کاهش انباشت آب می شود. اما در نواحی مقعر، سرعت رواناب کاهش یافته است و در نتیجه انباشت آب و امکان



شکل ۴- مساحت انواع خاک ها در شهر چاریکار



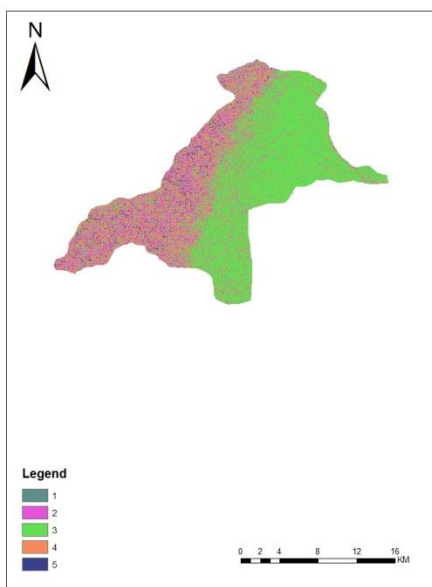
شکل ۵ ب- نقشه وزندار بافت خاک



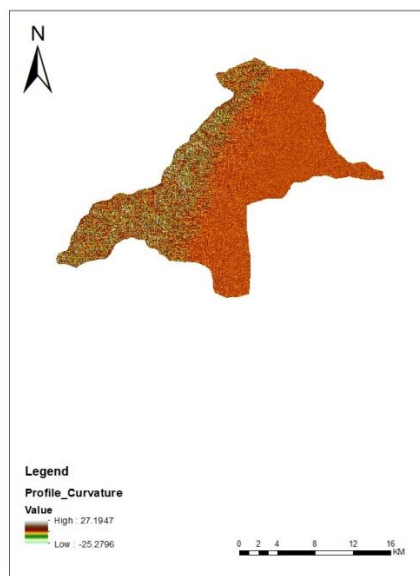
شکل ۵ الف- نقشه بافت خاک

۴ درصد، مساحت شهر چاریکار را به خود اختصاص داده اند (شکل ۷، الف). پارامتر پوشش زمین بر اساس جدول ۳ امتیاز دهی شده است و کاربری باغ ها و جنگل نیمه متراکم، کمترین امتیاز و رخنمون سنگی و مراتع متراکم، بیشترین امتیاز را دارند (شکل ۸، ب).

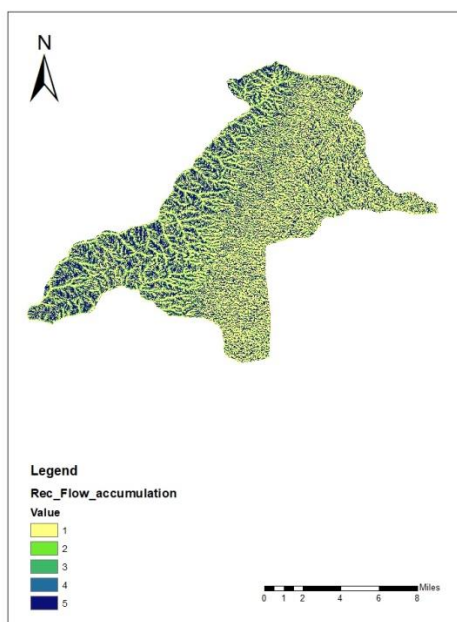
پوشش زمین: پوشش گیاهی به مثابه عامل حفاظتی در برابر باران عمل می کند و سرعت رواناب را کاهش می دهد (نمودار ۲). کاربری اراضی نیز نقش مهمی در میزان نفوذ آب و تجمیع آن دارد. از نظر پوشش زمین، زمین های بدون پوشش گیاهی ۵۲ درصد، مرکز شهر ۰.۰۱۵ درصد، باغ ها و زمین های زراعتی متراکم ۳۳ درصد، زمین های زراعتی نیمه متراکم ۱۲ درصد، مناطق مسکونی



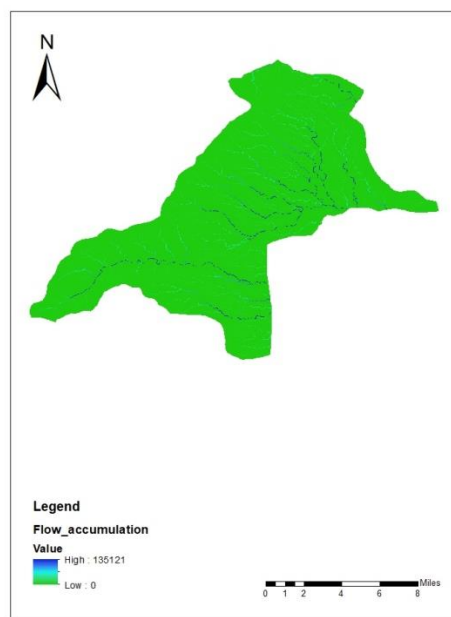
شکل ۶ ب- نقشه وزندار انحنای دامنه



شکل ۶ الف- نقشه انحنای دامنه



شکل ۷ ب- نقشه وزندار تراکم جریان

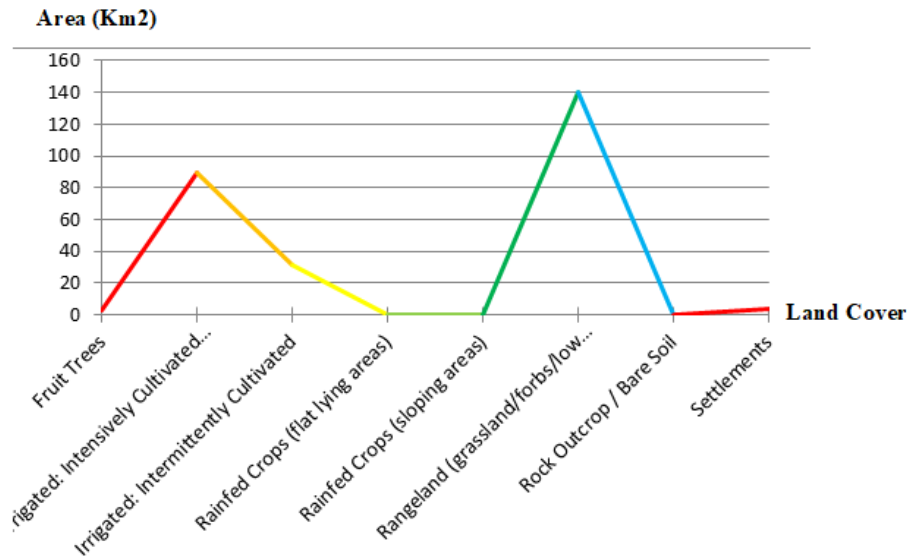


شکل ۷ الف- نقشه تراکم جریان

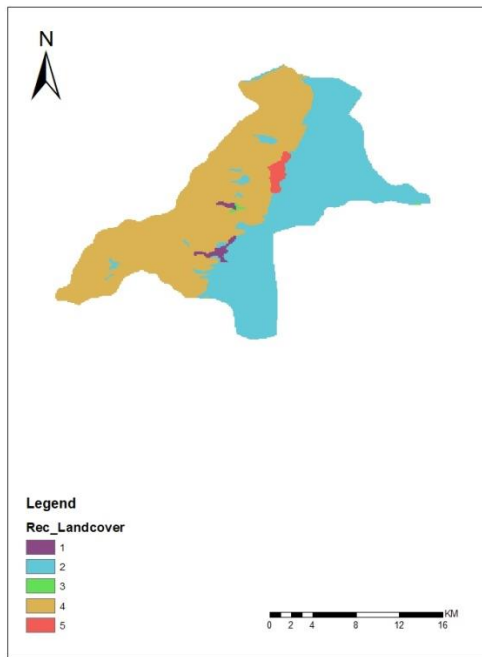
نتایج تحلیل

پتانسیل خطر کم سیل ناگهانی منطبق بر ارتفاعات حوضه، تپه های ماهور و کوه پایه ها هستند (شکل ۹). این پهنه شیب زیاد و تراکم جریان کم، دامنه های محدب، کاربری مرتع و بافت زمین سنگی دارد. پهنه با خطر متوسط سیل ناگهانی منطبق بر دامنه ها، مرز حائل مناطق کوهی و زمین های زراعتی پایین دست شهر و حواشی ارتفاعات است و شیب و تراکم جریان متوسط، دامنه های نسبتاً مسطح، کاربری مرتع کم تراکم و کشاورزی کواترنری دارد.

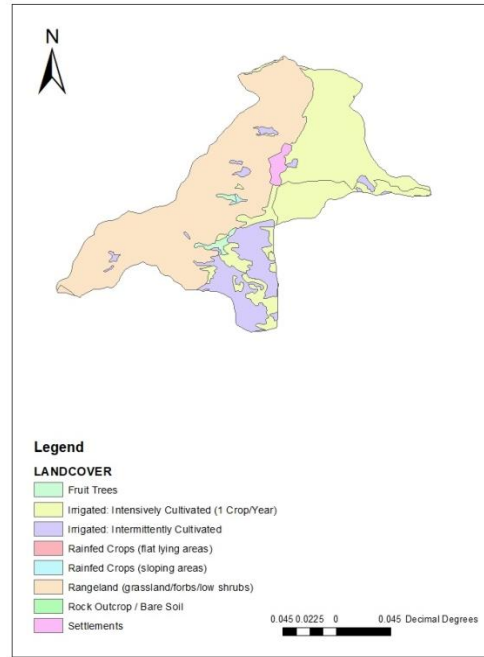
نقشه نهایی شاخص پتانسیل سیلاب ناگهانی (MFFPI)، حاصل جمع پارامتر های پنج گانه امتیاز دهی شده بر اساس جدول (۲) است و از لحاظ سیل خیزی به پنج پهنه تقسیم شده است. پهنه های با پتانسیل خطر بسیار زیاد و خطر بسیار کم سیل ناگهانی به ترتیب ۳۵ و ۱۶ درصد مساحت حوضه که منطقه تحت خطر بسیار زیاد بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است (شکل ۹).



نمودار (2): مساحت پوشش زمین (Land cover)



شکل ۸ ب- نقشه وزندار پوشش زمین

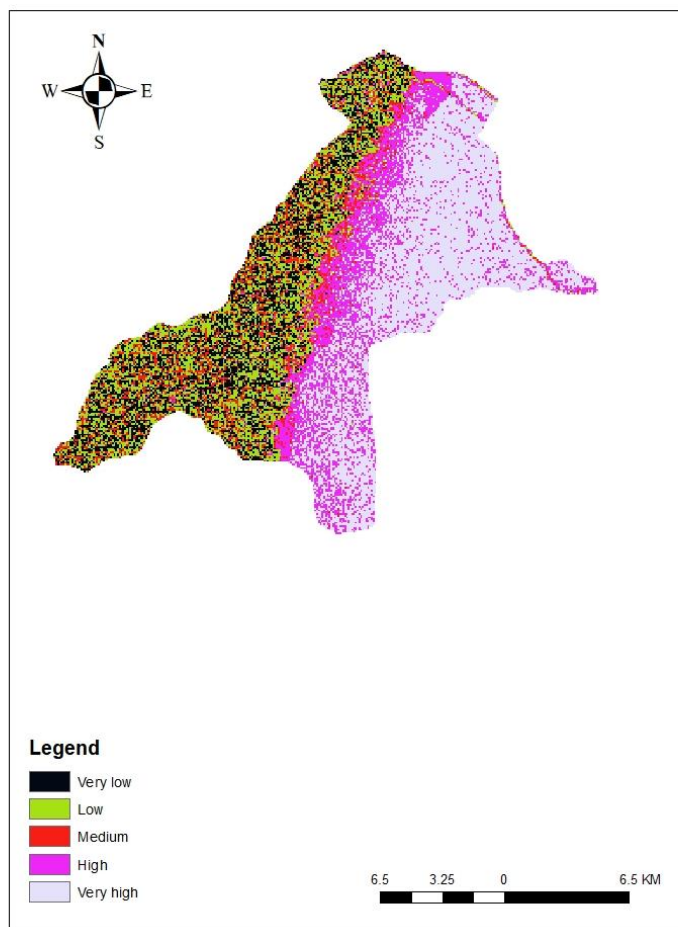


شکل ۸ الف- نقشه پوشش زمین

بحث و نتایج

سیل از جمله مهم ترین مخاطرات طبیعی در افغانستان است که هر ساله خسارات زیادی را در اکثر نقاط کشور به بار می آورد. وقوع این پدیده متأثر از پارامترهای مختلف ژئومورفولوژی، هیدرولوژی، اقلیمی، زمین شناسی و کاربری اراضی است. حوضه آبی پنجشیر و زیر حوضه های آن که شهر چاریکار نیز شامل این حوضه آبی می باشد دارای داده های هیدرومتری مناسب نیست.

پهنه های با خطر زیاد و خیلی زیاد سیل ناگهانی منطبق بر مناطق هموار و تپه های کم ارتفاع مسلسل است شیب کم، تراکم جریان زیاد، دامنه های مقعر، کاربری مرتع کم تراکم، پوشش زمین کشاورزی و نوع خاک رسی دارد.



شکل ۹- نقشه نهایی شاخص پتانسیل سیلاب ناگهانی (FFPI)

جدول ۳- پهنه بندی خطر شهر چاریکار با روش FFPI

درصد (%)	مساحت (Km2)	رنگ روی نقشه	شدت خطر
۳۵	۹۳.۵	Black	خطر خیلی زیاد
۱۹	۵۰	Magenta	خطر زیاد
۱۱	۲۹	Red	خطر متوسط
۱۹	۵۰	Green	خطر کم
۱۶	۴۳	Black	خطر خیلی کم

در داده های شبکه زمینی، مشاهدات حوضه ای و مکانی برای ارزیابی بلایای طبیعی دارد، پیشرفت های زیادی در دوردورسنجی ماهواره ای انجام شده که از جمله منابع ارزشمند در بهبود تکنولوژی بوده و نقش ارتباطی در بررسی خطرات طبیعی به سوی کنترل آنها دارد. اطلاعات دورسنجی نقش مهمی در پیش بینی حوادث خطرناک مثل سیل و زمین لغزه (رانس زمین) و حوادث متعاقب آن ایفا می کند (احمدی، ۱۳۸۹).

ارزیابی شرایط مورفومتری و فیزیوگرافی این حوضه به برآورد میزان خطر و پهنه بندی پتانسیل سیلاب ناگهانی در این حوضه منجر می شود.

بررسی تحقیقات انجام شده توسط محققان مختلف نشان داد که در اغلب تحقیقات گذشته مشاهدات ماهواره ای و ساخت مدل های متعدد سبب شده تا عملکردهای پیچیده زمین و بروز بلایای طبیعی بهتر شناخته شوند. داده های دورسنجی ماهواره ای نقش تکمیلی

پهنه خطر خیلی کم قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش پارامترهای فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت که نتایج بدست آمده از روش MFFPI نشان دهنده تطابق این نتایج با گزارشات تاریخی است، طوریکه مناطق مسکونی و دامنه‌های کوه هندوکش که مناطق رهاشده شهر می‌باشد تحت خطر زیاد سیلاب بوده و مناطق پایین دست شهر، مناطق هموار، زراعتی و مسکونی نیمه متراکم تحت خطر خیلی زیاد سیلاب واقع شده است همچنان پهنه‌های با خطر کم و خیلی کم در ارتفاعات و مناطق کوهستانی قرار دارد.

می‌توان اذعان نمود که نقشه نهایی حاصل از روش استفاده شده در این پژوهش دقت نسبتاً کافی داشته و عوامل به کار گرفته شده در مدل‌ها نیز برای دستیابی به پهنه بندی سیلاب مناسب بوده است و با توجه به نتایج تحقیقات کار شده می‌توان از این روش جهت شناسایی نقاط خطر و پهنه بندی سیلاب ناگهانی در اقصی نقاط کشور که خصوصیات مشابه دارد استفاده کرد.

باید یادآوری شد اینکه، این مطالعه با وجود چالش‌های دستیابی به داده‌های مورد نیاز، کمبود دقت و کیفیت داده‌ها و عدم امکانات نتیجه قابل قبولی داشته که با استفاده از پارامترهای بیشتر و داده‌های دقیقتر می‌توان نتایج قابل اعتمادتری برای پژوهش‌های بعدی بدست آورد.

منابع

احمدی ز، فضل‌اولی، ر. شاه‌نظری، ع. و اشرف‌زاده، ا. ۱۳۸۹. بررسی عملکرد سیستم زهکشی سیلاب شهری با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری، مطالعه موردی: شهرستان ماسال. اولین کنفرانس ملی مدیریت سیلاب‌های شهری. دانشگاه تربیت مدرس.

اداره ملی تنظیم امور آب افغانستان. ۱۳۹۹. مطالعات هایدرو-متروئولوژیکی، هایدروئولوژیکی و زون بندی سیلاب‌ها بالای شهر چاریکار. گزارش تقسیم بندی مناطق از نظر تهدید سیلاب‌های شهری.

اصغری، م. ۱۳۷۸. جغرافیای طبیعی شهر ۲. هیدرولوژی و سیل خیزی شهر. انتشارات مسعی تهران.

پروین، م. ۱۳۹۸. ارزیابی و پهنه بندی خطرات سیلاب‌های ناگهانی بر اساس مدل MFFPI، مطالعه موردی: حوضه اسلام آباد غرب. مدیریت مخاطرات محیطی. (۲):۶

همچنان بررسی و ارزیابی پارامترهای مورفولوژیکی چون شیب زمین، نوعیت خاک، پوشش زمین، انحنای دامنه و کاربری اراضی در پیش‌بینی، مهار و پهنه بندی بلایای طبیعی نقش ارزنده را بازی می‌کند (اصغری، ۱۳۷۸).

ارزیابی صحیح رواناب حاصله از ریزش باران برای کنترل منابع آبی وهمچنین سازه‌های مرتبط با آن امر ضروری است. در سالیان اخیر استفاده از تکنولوژی دورسنجی ماهواره‌ای و GIS در تخمین رواناب مورد توجه بسیار واقع شده است. ویژگی‌های فرایندهای هیدرولوژیکی که تاثیر مستقیم در رواناب ایجاد شده دارند از لحاظ زمانی و مکانی متفاوت می‌باشند. از این ویژگی‌های مهم می‌توان به کاربری و پوشش زمین و شرایط رطوبت و نفوذپذیری خاک اشاره نمود.

به طور خلاصه موارد زیر را می‌توان به عنوان جمع بندی و نتیجه گیری نهایی پژوهش حاضر بیان کرد:

پهنه خطر خیلی زیاد، با رنگ خاکستری روی نقشه شکل (۸) با مساحت بالغ بر ۹۳ کیلومتر مربع که ۳۵ درصد مساحت کل شهرستان چاریکار را در بر گرفته است. خصوصیات فیزیوگرافی چون شیب نزدیک صفر، خاک رسی یا سیلتی، تراکم جریان زیاد و پوشش گیاهی باعث انباشت آب بیشتر درین ناحیه می‌گردد.

پهنه خطر زیاد، با رنگ صورتی روی نقشه شکل (۸) حدود ۱۹ درصد از مساحت چاریکار را به خود اختصاص داده که تقریباً ۵۰ کیلومتر مربع می‌باشد. خصوصیات فیزیوگرافی در این ناحیه نشان دهنده خطر زیاد برای انباشت آب بوده از جمله میتوان از شیب کم، خاک سیلتی، مناطق مسکونی و زمین‌های بایر، تراکم جریان بالا و دامنه‌های مقعر نام برد. نسبت تراکم نفوس زیاد در این قسمت، این ناحیه را میتوان مهمترین ناحیه برای پهنه بندی سیلاب خواند.

پهنه خطر متوسط، با رنگ سرخ در نقشه شکل (۸) حدود ۱۱ درصد و ۲۹ کیلومتر مربع را شامل می‌شود. این ناحیه منطبق بر ارتفاعات بوده که خصوصیات فیزیوگرافی چون دامنه‌های محدب زیاد، تراکم جریان کم، شیب متوسط، مراتع و زمین‌های از جنس سنگ؛ باعث شده این نواحی بطور گسسته در پهنه متوسط خطر قرار گیرد.

پهنه خطر کم، با رنگ سبز در شکل (۸) نزدیک ۵۰ کیلومتر مربع و ۱۹ درصد تمام مساحت چاریکار و بیشتر در محدوده کوه‌ها قرار گرفته است. خصوصیات شیب زیاد، دامنه‌های محدب، تراکم جریان و پوشش گیاهی کم تعیین کننده پهنه خطر کم در این نواحی است.

پهنه خطر خیلی کم، این پهنه با رنگ سیاه در شکل (۸) نیز منطبق به ارتفاعات و نواحی کوهستانی واقع شده است. ۱۶ درصد مساحت شهر که بالغ بر ۴۳ کیلومتر مربع می‌شود درین پهنه قرار دارد، شیب زیاد، زمین‌های سنگی، نواحی محدب و تراکم جریان کم علت انباشت کم آب درین نواحی می‌گردد. ازین رو این نواحی در

- El Hames, A.; Richards, K.S. 1998 .An integrated physically based model for arid region flash flood prediction capable of simulating dynamic transmission loss. *Hydrological Processes*. 12: 1219–1232.
- Embabi, N.S. 2004 .The Geomorphology of Egypt. Landforms and Evolution: The Nile Valley and the Western Desert. Egyptian Geographical Society: Cairo, Egypt. (1).
- Khosravi, K., Shahabi, H., Pham, B.T., Adamowski, J., Shirzadi, A., Pradhan, B., Dou, J., Ly, H.-B., Gróf, G., Ho, H.L. et al. 2019. A comparative assessment of flood susceptibility modeling using Multi-Criteria Decision-Making Analysis and Machine Learning Methods. *Journal of Hydrology*. 573: 311–323.
- Kruzdlo, R. 2010. Flash Flood Potential Index for the Mount Holly Hydrologic Service Area.
- Minea, G. 2013. Assessment of the flash flood potential of Bâsca River Catchment (Romania) based on physiographic factors. *Central European Journal of Geosciences*. 5(3):344-353.
- Nurul, A. Yassin, M. Adnan, N.A. and Eran S. S. Sadek, M. 2022. Analysis of Flash Flood Potential Index (FFPI) and Scenarios Assessment in Shah Alam Using GIS Approach.
- Smith, R.2012. Flash Floods: Causes, Risks, and Management. *Journal of Hydrology*.
- Smith, G.2003. Flash flood potential: determining the hydrologic response of ffmp basins to heavy rain by analyzing their physiographic characteristics.
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2021. AR6 Climate Change: the Physical Science Basis.
- Zogg, J. and K. Deitsch. 2018. The Flash Flood Potential Index at WFO Des Moines. Iowa.
- پروین، م. ۱۳۹۹. ارزیابی و پهنه بندی خطر سیلاب های ناگهانی براساس عوامل فیزیوگرافی و شاخص های مورفومتریک، نمونه پژوهش: حوضه قصر شیرین. *مجله علمی جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*. (۲).
- خرمی پور، ز. ولیخان انارکی، م. فرزین. س. ۱۴۰۳. رویکرد جدید در روندیابی سیلاب بر مبنای تلفیق تئوری بیز، ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم بهینه سازی و فراابتکاری. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*. ۱۸(۳): ۴۰۹-۴۲۰.
- Atefi, M.R. and Miura, H. 2020. Detection of Flash Flood Inundated Areas Using Relative Difference in NDVI from Sentinel-2 Images: A Case Study of the August Event in Charikar, Afghanistan', *Remote Sens*. 14: 3647. <https://doi.org/10.3390/rs14153647>
- Azizi, F. 2014 .Flood Run-off Analysis in the Large Scale Watershed of Afghanistan, Conference paper.
- BORCAN, M. and R. Mihai 2016. ASSESSMENT OF THE FLOOD OCCURRENCE POTENTIAL IN THE UPPER TELEAJEN RIVER BASIN. *Annals of the University of Oradea, Geography Series/Analele Universitatii din Oradea, Seria Geografie*. 26(1):
- Brewster, J. 2009. Development of the Flash Flood Potential Index.
- Cao, C.; Xu, P.; Wang, Y., Chen, J., Zheng, Li. and Niu, C. 2016. Flash flood hazard susceptibility mapping using frequency ratio and statistical index methods in coalmine subsidence areas. *Sustainability*. 8(9): 948.
- Ceru, J. 2012 Flash Flood Potential Index (FFPI) for Pennsylvania. *Proceedings, ESRI Federal GIS Conference*

Identification of Critical Areas Caused by Flash Floods in Charikar city using MFFPI Method

M. Rasaei¹, M. Zakeri Niri², W. Seddiqi^{*3}

Received: Oct.14, 2024

Accepted: Feb.04, 2025

Abstract

Floods, as the most significant and widespread natural disasters, have shown a marked increase globally in recent years. This phenomenon, arising from climatic changes, frequently leads to human casualties and financial losses. Among various types of floods, urban floods account for the highest proportion of damage and fatalities. In Afghanistan, due to lack of sufficient studies and urban planning standards, people engage in non-standard constructions in the paths of watersheds, this, coupled with population growth, urban expansion, and a significant decrease in permeable surfaces in urban areas, leads to severe flood events with substantial casualties. Therefore, the monitoring and planned study of floods are essential for their management and for reducing associated risks. In this present research, the city of Charikar, located 64 kilometers from the capital of Afghanistan, on one of the hillsides of the Hindu Kush Mountain ranges, has been examined. With the residential areas positioned in the lower reaches, the city is threatened annually by orographic rainfall and flash floods. The current study employed a Modified Flash Flood Potential Index (MFFPI) method to analyze and evaluate this phenomenon using physiographic parameters. Based on the results, safe and high-risk areas were identified. The research findings reveal that 93.5 square kilometers of Charikar are located in a very high-risk, comprising 35 percent of total area. Furthermore, low and very low-risk zones represent 19 percent and 16 percent of the total area, respectively, and are correlated with higher elevations. After compilation and conclusion, it was determined that the results obtained from this study are consistent with historical reports and records.

Key words: ArcGIS, Charikar city, FFPI, Flash flood, Remote sensing

1- Assistant Professor, Department of Engineering, Islamshahr Branch, Azad University, Islamshahr, Iran

2- Associate Professor, Department of Engineering, Islamshahr Branch, Azad University, Islamshahr, Iran

3- Master's Graduate, Department of Engineering, Islamshahr Branch, Azad University, Islamshahr, Iran

(*-Corresponding Author Email: wafiullah.seddiqi@gmail.com)