

ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب‌های ناگهانی براساس مدل MFFPI (مطالعه موردی: حوضه اسلام‌آباد غرب)

منصور پروین*

استادیار گروه جغرافیا دانشگاه پیام نور، ایران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۳/۲۵ - تاریخ پذیرش ۱۳۹۸/۶/۲۵)

چکیده

سیلاب‌های ناگهانی پاسخ هیدرولوژیکی عوامل فیزیوگرافی حوضه به رخداد بارش‌های سنگین است و وقوع آنها سبب خسارات مالی و جانی می‌شود. به‌دلیل ماهیت پیچیده سیلاب ناگهانی، پیش‌بینی آنها با دشواری زیادی روبه‌روست و ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه‌ها نقش مهمی در شکل‌گیری آنها دارد. مدل MFFPI با استفاده از شاخص‌های فیزیوگرافی حوضه‌ها به ارزیابی خطر سیلاب ناگهانی می‌پردازد. حوضه اسلام‌آباد غرب به‌علت شرایط فیزیوگرافی و رخداد بارش‌های سنگین مستعد وقوع سیلاب ناگهانی است و در طی چند دهه گذشته رخداد سیلاب سبب خسارات گسترده در شهر اسلام‌آباد غرب و در سطح این حوضه شده است. هدف پژوهش حاضر، ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب ناگهانی حوضه اسلام‌آباد غرب با استفاده از مدل MFFPI است. نتایج پژوهش نشان داد که نقشه نهایی پتانسیل خطر سیلاب ناگهانی در مرحله اول نشان می‌دهد که ۴۵ درصد مساحت حوضه اسلام‌آباد غرب در پهنه با پتانسیل خطر زیاد قرار دارد. توزیع فضایی پهنه‌های خطر پنج‌گانه از شرایط توپوگرافی و تجمع جریان حوضه تبعیت می‌کند. در ادامه با بهره‌گیری از رگرسیون خطی پارامترهای موثرتر در تجمع و انباشت آب مشخص شده و چهار متغیر شیب توپوگرافی، تجمع جریان، انحنای دامنه و کاربری اراضی ۹۶/۶ درصد از شاخص پتانسیل سیلاب را توضیح می‌دهند. حذف پارامترهای کمتر مؤثر بافت خاک و نفوذپذیری سنگ در مرحله دوم اجرای مدل، سبب کاهش مساحت نواحی با پتانسیل خطر زیاد سیل و افزایش مساحت نواحی با پتانسیل خطر کم و متوسط سیل شده و مناطق با پتانسیل خطر خیلی زیاد در ارتفاعات و حواشی آن که با واقعیت همخوانی نداشته حذف شد. نتایج مدل MFFPI در هر دو مرحله بیانگر پتانسیل زیاد خطر سیلاب ناگهانی در سطح دشت اسلام‌آباد غرب است و این شهر و همه روستاها و زیرساخت‌های سطح آن در معرض خطر سیلاب ناگهانی قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل سیل خیزی، پهنه‌بندی، حوضه اسلام‌آباد غرب، سیلاب ناگهانی، مدل MFFPI.

* Email: mansorparvin@yahoo.com

مقدمه

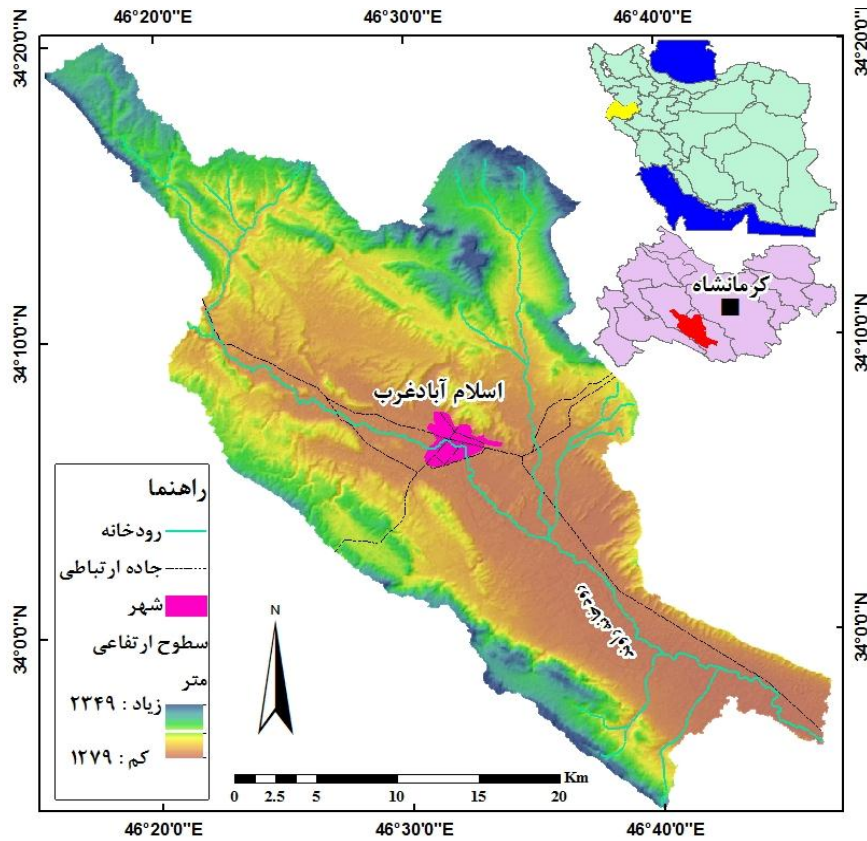
سیل پدیده‌ای فراگیر و جهانی است [۱۶]. و به‌علت افزایش حجم ناگهانی آب و خروج آن از بستر رودخانه رخ می‌دهد. همچنین سیل شامل زیر آب رفتن سطح زمین به‌دلیل افزایش آب‌های زیرزمینی و اضافه‌بار سیستم زهکشی است [۲۵] و به‌عنوان مخاطره‌ای ژئومورفولوژیکی مطرح است. مخاطرات ژئومورفولوژیکی رخداد، ناپایداری پدیده خاص ژئومورفولوژیکی در قلمرو معین، با بزرگی و دوره‌های زمانی مشخص است [۲۰]. در این مفهوم، خطر طبیعی به‌عنوان عناصر زیان‌آور موجود در محیط فیزیکی برای انسان است [۴]. در این میان سیلاب ناگهانی به‌عنوان یک مخاطره جدی، سیل سریعی است که ناشی از بارش سنگین یا رها شدن ناگهانی آب در دوره کوتاه‌مدت است و آب بر سطح زمین جاری می‌شود [۱۳]. سیل‌های بزرگ پیامدهای همچون، اثرهای هیدروژئومورفولوژیکی اثرهای بیولوژیکی [۲۱] و اثرهای اجتماعی-اقتصادی را در پی دارد [۱۷]. این امر به‌معنای ایجاد هزینه‌های زیاد مالی و کاهش توسعه اجتماعی-اقتصادی است [۱۸]. سیلاب‌های ناگهانی خسارات شدید مادی، تلفات انسانی و فرسایش بسیار شدید را در پی دارد [۱۲]. ارزیابی ویژگی‌های طبیعی حوضه آبریز به درک مسائل هیدروژئولوژیکی کمک کرده [۱۱] و ارزیابی رفتار هیدروژئولوژیکی حوضه را امکان‌پذیر می‌کند [۳]. اگرچه عامل ایجاد سیل تنها بارش‌های سنگین است، پاسخ هیدروژئولوژیکی به آن بسته به ویژگی‌های فیزیوگرافی شیب، بافت خاک، پوشش زمین، نفوذپذیری سنگ و انحنا دامنه متفاوت است [۲۵]. به‌منظور کاهش خطرهای سیل ناگهانی، شناسایی و طبقه‌بندی مناطق با پتانسیل خطر زیاد سیل لازم است [۱۸]. تهیه نقشه پهنه‌بندی خطرهای سیلاب ناگهانی (FFHSM) روشی کارآمد برای برنامه‌ریزی توسعه پایدار و حفاظت از جوامع انسانی است. حوضه اسلام‌آباد غرب در زون زاگرس چین‌خورده قرار دارد و شرایط زمین‌ساختی و لیتولوژیکی آن، سبب ایجاد ژئومورفولوژیکی ژورانی و قرارگیری کوهستان‌های پرشیب در اطراف دشت ناودیسی اسلام‌آباد غرب شده است. این حوضه به‌علت رخداد بارش‌های شدید و کوتاه‌مدت، با خطر سیل و طغیان رودخانه مواجه است [۱]. رخداد سیلاب در ۸ آبان ۱۳۹۴ به تلفات انسانی در این حوضه انجامید. رودخانه راوند به‌عنوان زهکش اصلی حوضه از داخل شهر اسلام‌آباد غرب عبور می‌کند و طغیان آن سبب آبگرفتگی بخش‌های اطراف آن می‌شود. با توجه به سابقه سیل خیزی حوضه اسلام‌آباد غرب ارزیابی پتانسیل خطر سیلاب ناگهانی آن لازم است. هدف این پژوهش، ارزیابی و پهنه‌بندی پتانسیل خطر سیلاب ناگهانی با استفاده از پارامترهای فیزیوگرافی است. پهنه‌بندی خطر سیلاب‌های ناگهانی، اغلب به دو روش ارزیابی پارامترهای مورفومتری و مدلسازی براساس پارامترهای فیزیوگرافی انجام می‌گیرد. مدل FFPI اولین بار توسط اشمیت [۲۳] در ایالات متحده آمریکا ارائه شد و سپس در

مناطق مختلف جهان اصلاح شده و استفاده شد. اسمیت [۲۴] به ارزیابی سیلاب ناگهانی در حوضه رودخانه کلرادو در آمریکا با استفاده از مدل FFPI پرداخت و نتایج نشان داد که پهنه‌های خطر در اطراف بستر سرشاخه‌های اصلی قرار دارند. مینیا [۱۸] براساس مدل FFPI به پهنه‌بندی پتانسیل خطر سیلاب ناگهانی حوضه بسکا^۱ در رومانی پرداخت که نتایج حاکی از پتانسیل زیاد خطر سیلاب ناگهانی در خروجی حوضه است. الحسنات [۲] به ارزیابی خطر سیلاب ناگهانی در شهر وادی موسی در اردن پرداخت. نتایج نشان داد که در حدود ۵۳ درصد منطقه منطبق بر زیرحوضه‌های کوهستانی بیشترین خطر را دارا هستند. بورس و ریتیگان [۶] به ارزیابی پتانسیل سیلاب ناگهانی براساس مدل FFPI در حوضه تلیاجین رومانی پرداختند و دریافتند که خروجی حوضه و حواشی رودخانه اصلی، بیشترین پتانسیل سیل‌خیزی را دارند. کاو و همکاران [۸] با استفاده از مدل فراوانی وقوع به تهیه نقشه پهنه‌بندی سیل‌های ناگهانی در اطراف پکن در چین پرداختند و دریافتند که نواحی مرکز حوضه و در امتداد رودخانه اصلی، با بیشترین خطر رخداد سیلاب ناگهانی مواجه‌اند. تینکو و همکاران [۲۵] در حوضه تروتوس^۲ رومانی با استفاده از مدل MFFPI به پهنه‌بندی پتانسیل خطر سیلاب ناگهانی پرداختند. یافته‌های آنها نشان داد که ۱۰ درصد مساحت حوضه در معرض خطر شدید سیلاب ناگهانی قرار دارد. لی و کیم [۱۵] به ارزیابی ریسک سیلاب ناگهانی در حوضه مرزی در کره شمالی و کره جنوبی با استفاده از مدل TOPMODEL پرداختند و دریافتند که در حدود ۷۱ درصد مساحت منطقه با خطر زیاد سیل رودرروست. ریو و کیم [۲۲] در تحقیقی در زمینه ارزیابی خطر سیلاب ناگهانی در حوضه بویزی^۳ آمریکا دریافتند که تغییرات اقلیمی و شرایط فیزیوگرافی حوضه سبب خطر زیاد سیلاب ناگهانی در این حوضه شده است.

موقعیت حوضه تحقیق

حوضه اسلام‌آباد غرب در جنوب استان کرمانشاه در عرض‌های جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۴ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۴۷ دقیقه شرقی واقع شده است (شکل ۱). این حوضه در محدوده سیاسی شهرستان اسلام‌آباد غرب قرار دارد و رودخانه راوند زهکش اصلی آن است. از نظر ژئومورفولوژی، چشم‌انداز غالب منطقه دشت ناودیسی اسلام‌آباد غرب و تاقدیس‌های اطراف آن است. حداقل و حداکثر ارتفاع حوضه تحت مطالعه به ترتیب ۱۲۷۹ و ۲۳۴۹ متر است. از نظر اقلیمی حوضه اسلام‌آباد غرب با دارا بودن دو فصل مجزای مرطوب و خشک دارای اقلیم مدیترانه‌ای است.

1. Bâsca
2. Trotus
3. Boise



شکل ۱. نقشه موقعیت، حوضه اسلام آباد غرب

مواد و روش‌ها

مدل شاخص پتانسیل سیلاب ناگهانی (MFFPI) با استفاده از شش پارامتر فیزیوگرافی با ضرایب مشخص شده، به پهنه‌بندی پتانسیل خطر سیلاب ناگهانی می‌پردازد (جدول ۱). هر یک از این پارامترها با توجه به نقش آنها در رخداد سیلاب ناگهانی به پنج طبقه تقسیم شده‌اند. هر یک از این کلاس‌ها با توجه به تأثیرشان در مقدار انباشت آب و ایجاد سیلاب، وزن ۱ تا ۵ را به خود اختصاص می‌دهند. در ادامه پارامتر طبقه‌بندی شده در وزن خاص خود ضرب شده و امتیاز نهایی آن پارامتر محاسبه می‌شود. نقشه پتانسیل سیلاب ناگهانی از جمع پارامترهای استفاده شده در ابزار Raster calculator تهیه می‌شود [۲۵]. در پژوهش حاضر مدل MFFPI در دو مرحله اجرا می‌شود. در مرحله اول هر شش پارامتر شیب، تراکم جریان، انحنای دامنه، بافت

جدول ۱. نحوه امتیازدهی پارامترهای مدل MFFPI تینکو و همکاران [۲۵]

پارامتر	وزن	طبقه	وزن هر طبقه	امتیاز نهایی
شیب	۳	۰-۳	۵	۳
		۳-۶	۴	۶
		۶-۸	۳	۹
		۸-۱۰	۲	۱۲
		۱۰-۶۶	۱	۱۵
تراکم جریان	۲.۵	۰-۱	۱	۲.۵
		۱-۲	۲	۵
		۲-۳	۳	۷.۵
		۳-۴	۴	۱۰
		۴-۱۱	۵	۱۲.۵
انحنای دامنه	۲	-۱۸ - (-۴۹)	۱	۲
		-۹ - (-۰/۵)	۲	۴
		-۰/۵ - ۰/۵	۳	۶
		۰/۵ - ۱/۵	۴	۸
		۱/۵ - ۳۰	۵	۱۰
یافت خاک	۱	ماسه - رسی	۱	۱
		ماسه‌ای - لومی - رسی	۲	۲
		یافتهای مختلف	۳	۳
		رسی	۴	۴
		رسی - سیلتی - مواد رس دار	۵	۵
نفوذپذیری سنگ	۱	نهشته‌های کواترنری	۱	۱
		سازندهای ماسه‌سنگ، کنگلومرا	۲	۲
		سازندهای آهکی - دولومیتی	۳	۳
		سازندهای شیلی	۴	۴
		سازندهای مارنی	۵	۵
پوشش زمین	۰/۵	جنگل و باغ	۱	۰/۵
		مرتع متراکم و نیمه‌متراکم	۲	۱
		زمین زراعی	۳	۱/۵
		مرتع کم‌تراکم	۴	۲
		رخمون سنگی و مناطق مسکونی	۵	۲/۵

خاک، نفوذپذیری سنگ و پوشش زمین در تهیه نقشه پتانسیل خطر سیلاب ناگهانی حوضه به‌کار گرفته می‌شود. در مرحله دوم براساس روش همبستگی اسپیرمن و رگرسیون خطی چندمتغیره، پارامترهای تأثیرگذار انتخاب شده و براساس آنها مدل MFFPI اجرا می‌شود. در روش رگرسیون

خطی چندمتغیره، پارامترهای شش گانه متغیر مستقل اند و نقشه نهایی پتانسیل سیل، متغیر وابسته است. به این منظور لایه‌های پارامترهای شش گانه و نقشه نهایی پتانسیل خطر، استاندارد شده و مقادیر ۰ تا ۱ به آنها اختصاص داده می‌شود. سپس ۳۰۰ نقطه به صورت تصادفی در حوضه انتخاب شده و مقادیر آنها در هر شش لایه و لایه نهایی پتانسیل سیلاب استخراج می‌شود و براساس آنها، آزمون‌های همبستگی و روش رگرسیون خطی چندمتغیره انجام می‌گیرد. نرمال بودن داده‌ها براساس آزمون کولموگروف - اسمیرنوف بررسی شده و سپس براساس روش اسپیرمن همبستگی بین پارامترهای بررسی شده و پارامترهای بدون همبستگی حذف می‌شود. پارامترهای باقی‌مانده براساس روش گام‌به‌گام ارزیابی شده و آنهایی که نقش معناداری در رگرسیون نداشته باشند، حذف می‌شوند. بزرگ‌تر بودن ضریب β برای هر متغیر به مفهوم همبستگی بیشتر و اهمیت بیشتر آن متغیر است. سطح معناداری sig. (p-value)، ۰/۰۵ برای معناداری ضریب β در نظر گرفته شده است. بنابراین اگر این سطح، برای متغیری بیش از ۰/۰۵ باشد، متغیر مورد نظر معنادار نیست و حذف می‌شود و متغیرهایی که سطح معناداری آنها ۰/۰۵ و کمتر است در روش دوم اعمال می‌شوند [۲۵]. لایه‌های پارامترهای شیب توپوگرافی (S)، تجمع جریان (Fa) و انحنای دامنه (Pc) از DEM ده متر منطقه استخراج شده‌اند. لایه لیتولوژی (L) از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ برگه قصرشیرین، لایه کاربری اراضی (LU) از نقشه اصلاح‌شده کاربری اراضی استان کرمانشاه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و لایه بافت خاک از نقشه خاک ۱:۲۵۰۰۰۰ استان کرمانشاه استخراج شدند.

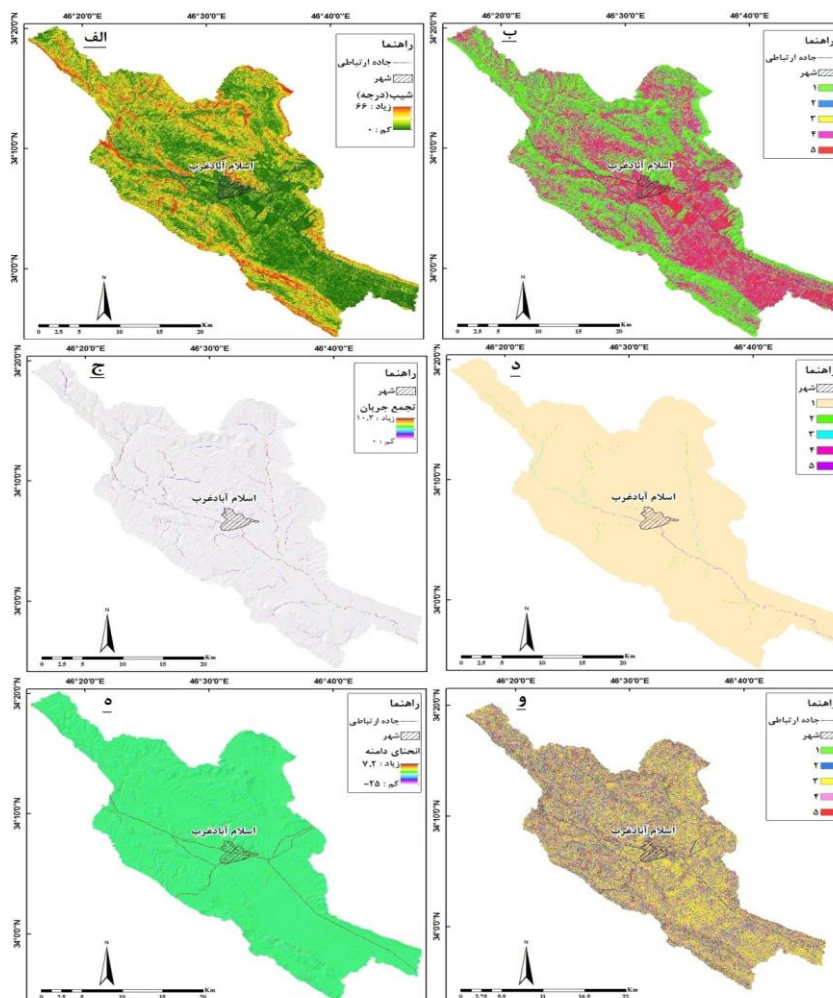
داده‌ها و تحلیل

مناطق شیب‌دار به علت پتانسیل زیاد در ایجاد رواناب سریع، تأثیر مهمی در ایجاد سیلاب ناگهانی دارند [۶]. در نواحی با شیب توپوگرافی ۱۰ تا ۶۰ درجه، انباشت آب به علت افزایش سرعت رواناب کاهش می‌یابد. از این رو این طبقه شیب امتیاز ۱ را به خود اختصاص داده و نواحی با شیب توپوگرافی ۰ تا ۳ درجه به علت انباشت زیاد آب و امکان بیشتر وقوع سیل امتیاز ۵ را به خود اختصاص می‌دهد [۲۵]. حوضه اسلام‌آباد غرب متشکل از یک دشت ناودیسی هموار و دو کوهستان حاشیه‌ای بوده و اختلاف ارتفاع آن ۱۰۷۰ متر است. با توجه به اختلاف ارتفاع به نسبت زیاد حوضه شیب توپوگرافی آن بین ۰ تا ۶۶ درجه متغیر است (شکل ۲ الف). این پارامتر براساس جدول ۱ به پنج طبقه تقسیم شده و طبقات شیب کمتر از ۱۰ درجه منطبق بر محدوده دشت ناودیسی اسلام‌آباد غرب و کوهپایه‌های اطراف است که امتیاز ۱ تا ۴ را به خود اختصاص داده‌اند. طبقه شیب ۱۰ تا ۶۶ درجه منطبق بر ارتفاعات است و امتیاز ۱ را به خود اختصاص داده است (شکل ۲ ب). تجمع جریان چگونگی تجمع آب را در سطح پیکسل‌های مجاور نشان می‌دهد [۲۷]. به‌طور معمول،

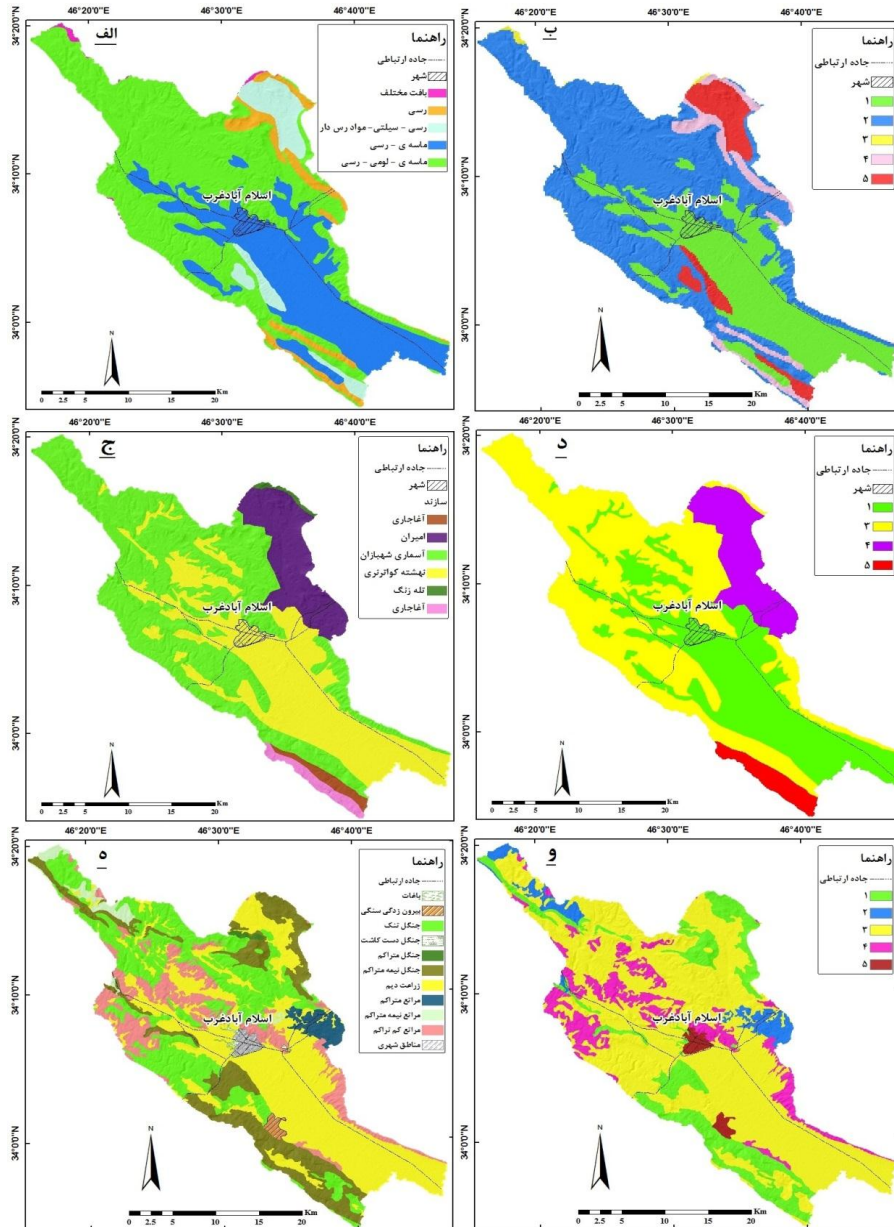
بستر رودخانه‌ها و شبکه زهکشی دارای پیکسل‌های با انباشت زیاد آب است که به‌علت تجمع آب، تأثیر زیادی در ایجاد سیل دارند [۲۵]. بررسی شکل ۲ ج، نشان‌دهنده تجمع جریان در کف دره‌های کارستی ارتفاعات منطقه و بستر رودخانه راوند است. شکل ۲ د نقشه امتیازدهی این پارامتر را نشان می‌دهد که براساس آن آبراهه‌های رتبه پایین دارای کمترین امتیاز و رودخانه و آبراهه‌های اصلی به‌علت انباشت جریان دارای بیشترین امتیازند. نیمرخ انحنا، پارامتری ژئومورفولوژیکی است و مقادیر منفی آن محدب بودن دامنه را نشان می‌دهد که از نظر هیدرولوژیکی موجب افزایش سرعت رواناب می‌شود. مقادیر مثبت مقعر بودن دامنه‌ها را نشان می‌دهد و سرعت رواناب در این دامنه‌ها کاهش می‌یابد [۱۰]. سطح دشت اسلام‌آباد غرب دارای دامنه‌های مسطح تا مقعر است و نواحی کوهستانی دامنه‌های محدب دارند (شکل ۲ ه). نواحی کوهستانی حوضه اسلام‌آباد غرب دارای بیشترین امتیاز و نواحی مسطح و دشتی دارای کمترین امتیازند (شکل ۲).

مقدار و سرعت نفوذ رواناب در خاک، عامل مهمی در برآورد سیلاب ناگهانی است. زیرا خاک با کنترل مقدار نفوذ آب و نگهداشت آن بر رخداد سیل تأثیر می‌گذارد [۲۴]. خاک‌های با نفوذپذیری زیاد و نگهداشت مناسب آب سبب کاهش رواناب و کاهش سیل می‌شود [۲۵]. خاک حوضه اسلام‌آباد غرب تحت تأثیر شرایط محیطی همچون اقلیم نیمه‌خشک، توپوگرافی ناهموار و سنگ مادرهای آهکی، مارنی-رسی و شیلی دارای تنوع خاک‌شناسی شایان توجهی است. سطح دشت اسلام‌آباد غرب دارای خاک ماسه‌ای - رسی بوده و امتیاز ۱ را به خود اختصاص داده است (شکل ۳ الف و ب). سطح کوهستان‌های منطقه با سنگ مادر آهکی دارای خاک ماسه‌ای - لومی - رسی بوده و امتیاز ۲ را به خود اختصاص داده است. خاک‌های حاشیه حوضه با سنگ مادر مارنی - رسی و شیلی به‌علت نفوذپذیری کم در ایجاد سیل مؤثرترند و بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند. حوضه اسلام‌آباد غرب در زون زاگرس چین‌خورده واقع شده است. نهشته‌های کواترنری در دشت اسلام‌آباد غرب رخنمون دارد. ارتفاعات منطقه از سازند آهکی - دولومیتی تشکیل شده است (شکل ۳ ج). سازند شیلی امیران در شمال حوضه و سازندهای مارنی - رسی گچساران و آغاچاری در حاشیه جنوب شرقی حوضه رخنمون دارد. شکل ۳ د نقشه امتیازدهی پارامتر لیتولوژی را نشان می‌دهد، که براساس آن سازندهای نفوذناپذیر مارنی - رسی آغاچاری و گچساران و سازند شیلی امیران به‌ترتیب امتیازهای ۵ و ۴، سازند آهکی - دولومیتی آسماری - شهبازان امتیاز ۳ و نهشته‌های کواترنری به‌علت نفوذپذیری زیاد امتیاز ۱ را به خود اختصاص داده‌اند. کاربری اراضی تأثیر زیادی بر رخداد سیلاب ناگهانی دارد [۲۴] و برای مثال شهرنشینی سبب افزایش رواناب تا شش برابر مناطق طبیعی می‌شود [۹]. کاربری زراعی، وسیع‌ترین کاربری اراضی حوضه بوده و حدود ۴۰/۲۵ درصد مساحت حوضه را در سطح دشت اسلام‌آباد غرب به خود اختصاص داده است. کاربری‌های جنگل تنک، جنگل

نیمه‌متراکم، و مراتع کم‌تراکم به ترتیب ۲۵/۷۰ درصد، ۱۵/۸۲ درصد و ۱۲/۰۱ درصد مساحت حوضه اسلام‌آباد غرب را به خود اختصاص داده و سایر هفت کاربری حوضه در مجموع ۶/۱۹ مساحت این حوضه را تشکیل می‌دهند (شکل ۳). و پارامتر کاربری اراضی براساس جدول ۳ امتیازدهی شده و کاربری‌های باغ، جنگل متراکم و نیمه‌متراکم و جنگل دست‌کاشت کمترین امتیاز، و مناطق شهری، رخنمون سنگی و مراتع کم‌تراکم، بیشترین امتیاز را دارند (شکل ۳).



شکل ۲. الف) نقشه شیب؛ ب) نقشه وزن دار شیب؛ ج) نقشه تجمع جریان؛ د) نقشه وزن دار تجمع جریان؛ و) نقشه نیمرخ انحنای دامنه؛ ه) نقشه وزن دار نیمرخ انحنای دامنه حوضه اسلام‌آباد غرب.



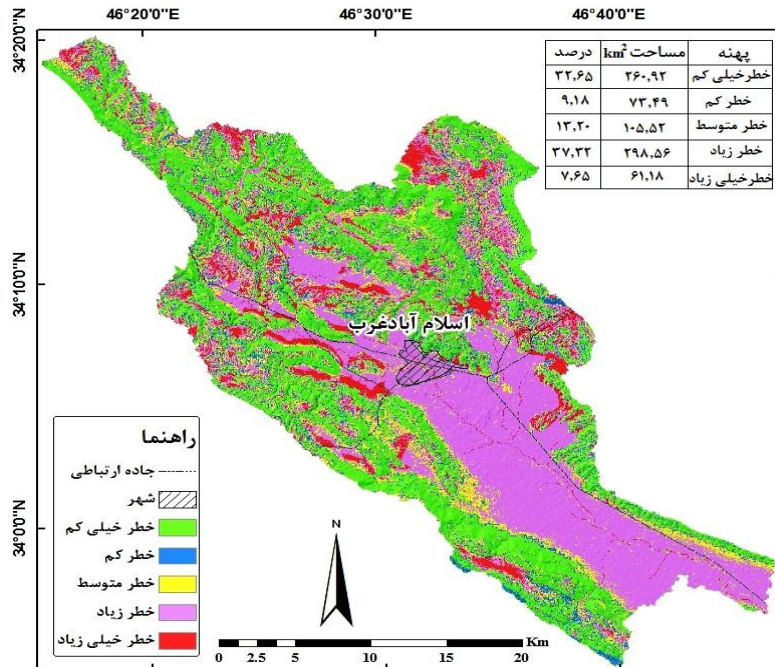
شکل ۳. الف) نقشه خاک؛ ب) نقشه وزن دار؛ ج) نقشه لیتولوژی؛ د) نقشه وزن دار لیتولوژی؛ ه) نقشه کاربری اراضی؛ و) نقشه وزن دار کاربری اراضی حوضه اسلام آباد غرب

پهنه‌بندی پتانسیل سیلاب ناگهانی براساس مدل MFFPI

نقشه نهایی شاخص پتانسیل سیل ناگهانی حوضه اسلام‌آباد غرب به پنج پهنه با پتانسیل سیل خیزی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم می‌شود و مقدار انباشت آب را براساس پارامترهای فیزیوگرافی مشخص می‌کند. پهنه‌های با پتانسیل خطر زیاد و خطر خیلی زیاد سیل ناگهانی به ترتیب با ۳۷/۳۴ درصد و ۷/۶۵ درصد مساحت حوضه اسلام‌آباد غرب، بیشترین و کمترین مساحت را دارند (شکل ۴). بررسی نقشه نهایی مدل MFFPI نشان می‌دهد که مناطق با پتانسیل خطر خیلی کم و کم سیل ناگهانی منطبق بر ارتفاعات حاشیه حوضه‌اند. این پهنه‌ها به علت شرایطی همچون شیب زیاد، تراکم جریان کم، دامنه‌های محدب، و کاربری مرتع مستعد انباشت آب نیستند و امکان رخداد سیل در این مناطق بسیار کم است. پهنه دارای پتانسیل خطر متوسط سیل ناگهانی منطبق بر حواشی ارتفاعات حوضه است. شرایط توپوگرافی و کاربری اراضی این نواحی امکان رخداد سیل را کم کرده، اما رواناب‌های خروجی از دره‌های کوهستانی این گونه نواحی را در پهنه خطر پتانسیل متوسط سیل ناگهانی قرار داده است. پهنه‌های با پتانسیل خطر زیاد سیل ناگهانی منطبق بر محدوده دشت اسلام‌آباد غرب و بستر سرشاخه‌های اصلی رودخانه راوند بوده و شرایط توپوگرافی منطقه عامل اصلی در پتانسیل زیاد سیلاب ناگهانی این نواحی است. شهر اسلام‌آباد غرب در این پهنه قرار گرفته است. پهنه‌ای با پتانسیل خطر خیلی زیاد منطبق بر بستر اصلی رودخانه راوند و نواحی با تراکم جریان زیاد در حواشی ارتفاعات حوضه است.

ارزیابی تأثیر پارامترهای شش‌گانه در پتانسیل سیلاب ناگهانی

نرمال بودن داده‌های استخراجی از ۳۰۰ نقطه با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. نتایج نشان داد که مقادیر Sig برای کل داده‌ها صفر هستند و از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند. با توجه به نرمال نبودن داده‌ها و رتبه‌بندی مقادیر پارامترهای شش‌گانه، از روش همبستگی اسپیرمن برای ارزیابی میزان همبستگی بین متغیرها استفاده شد. نتایج این آزمون (جدول ۲) نشان داد که همه پارامترها دارای همبستگی بوده و مقدار Sig صفر است. نتایج روش رگرسیون خطی چندگانه نشان می‌دهد (جدول ۳) که چهار متغیر شیب توپوگرافی، تجمع جریان، انحنای دامنه و کاربری اراضی در شرایط آماری معنادارند و ۹۶/۶ درصد از شاخص پتانسیل سیلاب ناگهانی حوضه اسلام‌آباد غرب را توضیح می‌دهند. دو متغیر بافت خاک و نفوذپذیری سنگ در پتانسیل سیلاب ناگهانی نقش معناداری ندارند و از مرحله دوم حذف می‌شوند (جدول ۳).



شکل ۴. نقشه نهایی پهنه‌بندی سیلاب ناگهانی براساس مدل MFPI

جدول ۲. همبستگی بین متغیرها براساس روش اسپیرمن

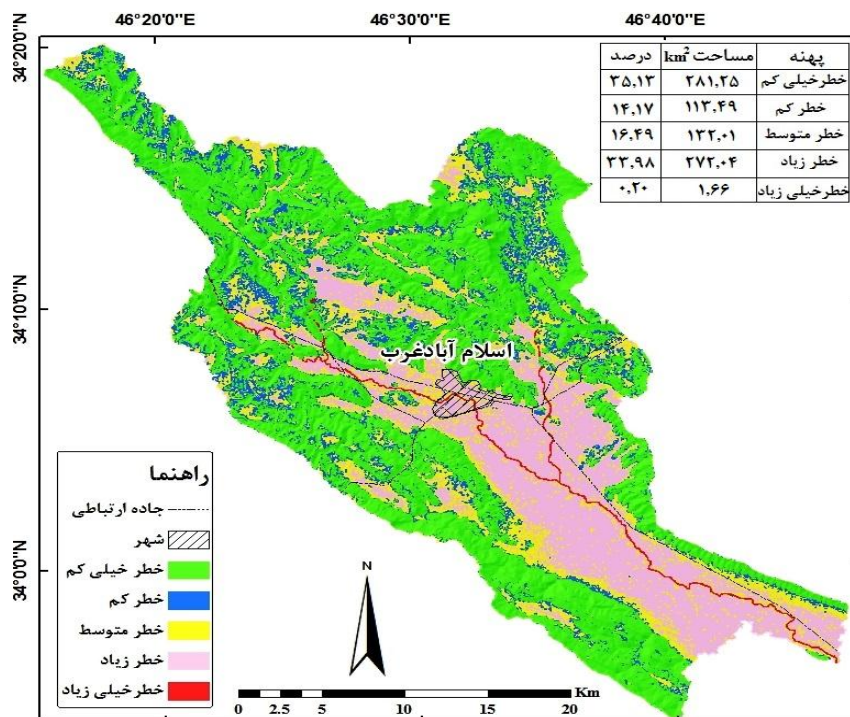
	تراکم جریان	انحنای دامنه	شیب	پوشش زمین	نفوذپذیری سنگ	بافت خاک
همبستگی اسپیرمن	۰/۹۶۱	۰/۷۷۵	۰/۷۷۷	۰/۲۹۲	-۰/۳۹۸	-۰/۴۸۵
سطح معناداری

جدول ۳. نتایج رگرسیون خطی چندگانه

	تراکم جریان	انحنای دامنه	شیب	پوشش زمین	نفوذپذیری سنگ	بافت خاک
ضریب تعیین	۰/۱۰۲	۰/۰۵۴	۰/۸۰۱	۰/۰۱۷	.	.
Sig. F Change	۰/۰۲۱	۰/۰۳۶	.	۰/۰۴۸	۰/۷۸۰	۰/۷۹۰

ارزیابی پتانسیل سیلاب ناگهانی براساس چهارپارامتر مؤثر و مدل MFPI

در مرحله دوم براساس چهار پارامتر شیب توپوگرافی، تراکم جریان، انحنای نیمرخ و کاربری اراضی براساس جدول ۱ نقشه شاخص پتانسیل سیلاب ناگهانی حوضه اسلام‌آباد غرب تهیه شده و به پنج پهنه با پتانسیل سیل خیزی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم شده است. پهنه‌های با پتانسیل خیلی کم و خطر خیلی زیاد سیل ناگهانی به ترتیب با ۳۵/۱۳ درصد و ۰/۲ درصد مساحت حوضه اسلام‌آباد غرب، بیشترین و کمترین مساحت منطقه را دارند (شکل ۷). مناطق با پتانسیل خطر خیلی کم و کم سیل ناگهانی منطبق بر ارتفاعات حوضه هستند و به علت شیب زیاد، مستعد انباشت آب نیستند. پهنه دارای پتانسیل خطر متوسط سیل ناگهانی منطبق بر حواشی ارتفاعات حوضه و خروجی دره‌های کوهستانی است. پهنه‌های با پتانسیل خطر زیاد سیل ناگهانی منطبق بر محدوده دشت اسلام‌آباد غرب و پهنه‌ای با پتانسیل خطر خیلی زیاد منطبق بر بستر اصلی رودخانه راوند است (شکل ۵).



شکل ۵. نقشه نهایی پهنه‌بندی سیلاب ناگهانی براساس چهار متغیر مدل MFPI

بحث

سیل مهم‌ترین و فراگیرترین مخاطره طبیعی در مناطق مختلف کره زمین است. براساس گزارش ایف نت [۱۴]، در حدود ۲۰ درصد تلفات جانی و ۳۳ درصد خسارت‌های مادی مخاطرات طبیعی در جهان، ناشی از سیلاب است. براساس برآورد بوکل [۷]، در سال‌های دهه ۲۰۰۰ میلادی خسارت ناشی از سیل در حدود ۲۱ میلیارد دلار بوده است. در ایران نیز سیل مهم‌ترین مخاطره طبیعی است و همه‌ساله تلفات و خسارات فراوانی در نواحی مختلف کشور به‌جا می‌گذارد. روش‌های مختلفی برای مطالعه و پهنه‌بندی سیل وجود دارد که بسیاری از آنها مستلزم داده‌های دقیق اقلیمی و هیدرولوژیکی است و اغلب در کشورهای در حال توسعه این‌گونه داده‌ها در دوره‌های زمانی طولانی وجود ندارد. روش‌های مبتنی بر پارامترهای فیزیوگرافی روشی مفید، کارآمد و کم‌هزینه در مطالعات سیل است و نقشه‌های پهنه‌بندی پتانسیل خطر سیلاب، به‌راحتی قابل استفاده است و سبب کاهش آثار زیان‌بار سیل می‌شود [۵]. ارزیابی دو نقشه نهایی پتانسیل خطر سیلاب ناگهانی با پارامترهای فیزیوگرافی نشان می‌دهد که براساس مبانی نظری نتایج آنها همپوشانی دارد. در بستر رودخانه راوند و مناطق مسطح و هموار اطراف آن به‌علت شیب کم، تجمع جریان زیاد بوده و دامنه‌های مسطح سیل‌گیر است و در نواحی کوهستانی به‌علت شیب زیاد، تجمع کم جریان و دامنه‌های محدب رواناب از سرعت زیادی برخوردار است و مناطق سیل‌خیز حوضه را تشکیل می‌دهند. نتایج روش رگرسیون خطی نشان داد که به‌دلیل شرایط به‌نسبت یکسان سنگ‌شناسی و پوشیده شدن آنها با خاک‌های به‌نسبت تکامل‌یافته در بیشتر نواحی حوضه، این دو پارامتر تأثیر مهمی در پتانسیل خطر سیل ندارند. اما پارامترهای مرتبط با سرعت رواناب و تجمع آن، اهمیت اساسی در پتانسیل خطر سیلاب ناگهانی در حوضه اسلام‌آباد غرب دارد. بنابراین مناطق سیل‌گیر و سیل‌خیز حوضه توسط این چهار پارامتر مشخص شده و نواحی دشتی مناطق سیل‌گیر و نواحی کوهستانی نواحی سیل‌خیز حوضه اسلام‌آباد غرب هستند.

نتیجه‌گیری

بررسی نقشه نهایی پتانسیل خطر سیلاب ناگهانی حاصل از مدل MFFPI در مرحله اول نشان می‌دهد که ۴۵ درصد مساحت حوضه اسلام‌آباد غرب در پهنه دارای پتانسیل خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است. همچنین ۱۳ درصد مساحت حوضه در پهنه با پتانسیل خطر متوسط قرار دارد و ۴۲ درصد مساحت آن نیز در پهنه خطر کم و خیلی کم قرار گرفته است. توزیع فضایی پهنه‌های پتانسیل خطر از شرایط توپوگرافی حوضه تبعیت می‌کند و مناطق دارای پتانسیل

خطر کم در مناطق کوهستانی قرار گرفته‌اند که برای انباشت و تجمع آب مناسب نیستند. نواحی دارای پتانسیل خطر زیاد سیلاب ناگهانی در نواحی هموار دشت اسلام‌آباد و اطراف بستر رودخانه راوند واقع شده‌اند، زیرا این نواحی به دلیل شرایط توپوگرافی و وجود رودخانه، مستعد انباشت و تجمع آب هستند. استفاده از رگرسیون خطی، نقطه عطفی در این مطالعه است، زیرا براساس آن پارامترهای با تأثیرگذاری کم حذف شده و پارامترهای مؤثر در تجمع و انباشت آب شناسایی می‌شوند. چهار متغیر شیب توپوگرافی، تجمع جریان، انحنای دامنه و کاربری اراضی ۹۶/۶ درصد از شاخص پتانسیل سیلاب را توضیح دادند و نقشه پتانسیل سیلاب ناگهانی در مرحله دوم براساس آنها و با استفاده از مدل MFFPI تهیه شد. بررسی نقشه نهایی پتانسیل سیلاب در مرحله دوم نشان داد، که مناطق دارای پتانسیل خطر زیاد ۳۴ درصد مساحت حوضه، مناطق با پتانسیل متوسط ۱۷ درصد و مناطق با پتانسیل خطر کم ۴۹ درصد مساحت حوضه اسلام‌آباد غرب را به خود اختصاص داده‌اند. در نقشه پتانسیل سیلاب ناگهانی در مرحله دوم نیز توزیع فضایی پهنه‌های خطر از شرایط توپوگرافی و تجمع جریان پیروی می‌کند. حذف پارامترهای بافت خاک و نفوذپذیری سنگ در مرحله دوم سبب کاهش مساحت نواحی پرخطر و افزایش مساحت نواحی کم‌خطر و متوسط شد. مناطق با پتانسیل خطر خیلی زیاد در ارتفاعات و حواشی آن که با واقعیت همخوانی نداشت حذف شد و این پهنه به محدوده بستر اصلی رودخانه محدود شد. در نهایت می‌توان اذعان داشت، که نتایج مدل MFFPI در هر دو مرحله بیانگر پتانسیل زیاد خطر سیلاب ناگهانی در سطح دشت اسلام‌آباد غرب است و این شهر و همه روستاها و زیرساخت‌های سطح آن در معرض خطر سیلاب ناگهانی قرار دارند. از طرف دیگر نتایج تحقیق نگارش و ویسی [۱] درباره سیل‌خیزی حوضه اسلام‌آباد غرب براساس مطالعه پارامترهای اقلیمی نشان داد که بارش حوضه در حال کم شدن است و شدت بارش بیشتر شده و سیل‌خیزی، به علت عوامل انسانی و طبیعی افزایش یافته است. همچنین رخداد سیلاب‌های چندساله اخیر در سطح حوضه نیز نمایانگر خطر زیاد سیل در حوضه اسلام‌آباد غرب است. بنابراین این حوضه نیازمند اجرای پروژه‌های حفاظتی و مقابله با سیلاب به خصوص در دو منطقه سیل‌گیر و سیل‌خیز حوضه است. منطقه سیل‌گیر حاشیه رودخانه اصلی حوضه است که نیازمند رعایت حریم و همچنین در موارد خاص، ایجاد سازه است و در نواحی سیل‌خیز در ارتفاعات حوضه، ایجاد سیل‌بند ضرورت دارد.

منابع

- [۱]. نگارش، حسین؛ و ویسی، جلیل (۱۳۹۲). «تجزیه و تحلیل اثرات تغییرات بارش در سیل خیزی حوضه آبریز رودخانه راوند (منطقه اسلام‌آباد غرب- استان کرمانشاه)»، فصلنامه علمی پژوهشی برنامه‌ریزی منطقه‌ای، شماره ۱۱، ص ۹۷-۷۹.
- [2]. Alhasanat, Hussein (2014). "Flash Flood Assessment for Wadi Mousa City- Jordan", *Procedia Economics and Finance*, 18, pp: 675-683.
- [3]. Angillieri, María Yanina Esper (2008). "Morphometric analysis of Colangüil river basin and flash flood hazard, San Juan, Argentina". *Environmental geology*, 55(1), pp: 107-111.
- [4]. Ayala, Ialcántara (2002). "Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries". *Geomorphology* 47, pp: 107-124.
- [5]. Bapalu, Venkata; & Sinha, Rajiv (2005). "GIS in flood hazard mapping: A case study of Kosi River Basin, India". *GIS Development Weekly*, 1(13), pp: 1-3.
- [6]. BORCAN, Mihaela; & RETEGAN, 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).
- [7]. Bukle, Pull, (2007), "Community Based Management: A New Approach to Managing Disasters". *Proceeding of ESA Conference, Visions and Divisions, Helsinki*, August 28-september 1, pp: 364-383.
- [8]. Cao, Chen; Xu, Peihua; Wang, Yihong; Chen, Jianping; Zheng, Li; & Niu, Chenr (2016). "Flash flood hazard susceptibility mapping using frequency ratio and statistical index methods in coalmine subsidence areas". *Sustainability*, pp: 8(9), 948.
- [9]. Carlson, Toby (2004). "Analysis and Prediction of Surface Runoff in an Urbanizing Watershed Using Satellite Imagery 1". *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 40, 1087-1098.
- [10]. IConstantinescu, Şamer. (2011). "Observații asupra indicatorilor morfometrici determinați pe baza" *MNAT*.
- [11]. Eze; Basse Eze; Efiog, Joel (2010). "Morphometric parameters of the Calabar River basin: implication for hydrologic processes". *J Geogr Geol* 2, pp:18-26.
- [12]. Farhan, Yahya iSA; & Ayed, Atef. (2017). "Assessment of flash-flood Hazard in arid watersheds of Jordan". *Journal of Geographic Information System*, 9(06), 717.
- [13]. Hong, Yang; Adhikari, Pradeep & Gourley Jonathan J. (2013). "Flash flood, in Encyclopedia of Natural Hazards", P.T. Bobrowsky, Editor, Springer: Dordrecht, pp:324-325.
- [14]. IF-NET. (2005). *Flood net brochure*.

- [15]. Lee, Byong-Ju; & Kim, Sangil (2019). "Gridded Flash Flood Risk Index Coupling Statistical Approaches and TOPLATS Land Surface Model for Mountainous Areas". *Water*, 11(3), 504.
- [16]. Leskens, Jack; Brugnach, Marcela; Hoekstra, Arjen; Schuurmans, Wlatm (2014). "Why are decisions in flood disaster management so poorly supported by information from flood models". *Environmental modelling & software*, 53, pp: 53-61.
- [17]. Merz, Ben; Thielen, Allen; Gocht, Maek. (2007). "Flood risk mapping at the local scale: concepts and challenges". In *Flood risk management in Europe*, Springer, Dordrecht, pp: 231-251.
- [18]. Minea, Gabriel. (2013). "Assessment of the flash flood potential of Bâsca River Catchment (Romania) based on physiographic factors". *Open Geosciences*, 5(3), 344-353.
- [19]. Musy, Andre; Higy, Christophe. (2010). "Hydrology: a science of nature". *CRC Press*.
- [20]. Panizza, Mrat (2004). "ENvironmentalGeomorphology,ENCYCLOPEDIA of GEOMORPHOLOGY". *volume 1, Routledgepress*, pp: 231-251318-320.
- [21]. Richter, Brian; Richter, Holly (2000). "Prescribing flood regimes to sustain riparian ecosystems along meandering rivers". *Conservation Biology*, 14(5), pp: 1467-1478.
- [22]. Ryu, Jae Hyeon; Kim, Jungjin. (2019). "A Study on Climate-Driven Flash Flood Risks in the Boise River Watershed, Idaho". *Water*, 11(5), 1039.
- [23]. Smith, Greg (2003). "Flash flood potential: Determining the hydrologic response of FFMP basins to heavy rain by analyzing their physiographic characteristics", A white paper available from the NWS Colorado Basin River Forecast Center web site at http://www.cbrfc.noaa.gov/papers/ffp_wpap.pdf.
- [24]. Smith, Greg (2010). "Development of a flash flood potential index using physiographic data sets within a geographic information system" (*Doctoral dissertation, The University of Utah*).
- [25]. Tincu, Roxana; Lazar, Gabril; Lazar, Iuliana (2018). "Modified flash flood potential index in order to estimate areas with predisposition to water accumulation". *Open Geosciences*, 10(1), 593-606.
- [26]. Veress, Márton; Németh, István; & Schläffer, Roland (2012). "The effects of intensive rainfalls (flash floods) on the development on the landforms in the Kőszeg Mountains (Hungary)". *Open Geosciences*, 4(1), 47-66.
- [27]. Wicht, Marzena; Osinska-Skotak, Katarzyna (2016). "Identifying urban areas prone to flash floods using GIS—preliminary results". *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* <https://doi.org/10.5194/hess-2016-518>.