نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دوم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹٤
صفحات ٦٨-٥٣

نقش سیلاب و فرآیندهای رودخانه‌ای در وقوع مخاطرات محیطی در حوضه‌ی ارنگه‌ی رودخانه‌ی کرج

امیر کرم، دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی تهران
امیر صفاری ، دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی تهران
شیلا حجه فروش نیا، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی تهران[1]

دریافت مقاله: ۹۳/۱۱/۲۱ پذیرش نهایی: ۹۴/۰۳/۲۶

چکیده

با گسترش اقتصاد و خدمات اجتماعی، نیاز به کاهش مخاطرات، مهار مخاطره‌ها و دیگر اقدام‌های مهم و مدیریتی برای تهیه‌ی برنامه‌ها و پیگیری طرح‌های آسیب‌پذیری فزنی یافته است. در حوزه‌ی پیشگیری، اتخاذ تدابیر و برنامه‌ریزی مستلزم داشتن اطلاعات صحیح از مناطق و شناخت وضعیت موجود است. از این رو، مطالعه و پژوهش در زمینه‌ی کاهش خطرپذیری و شناخت تهدیدهای موجود در منطقه‌ی ارنگه ضروری به نظر می‌رسد. این منطقه یکی از مناطق با جاذبه‌های توریستی حوضه‌ی آبریز کرج است. در اغلب موارد فرایندهای ژئومورفیکی، که با سیستم‌های رودخانه‌ای ایجاد می‌شوند، سبب بروز مخاطرات محیطی در محیط‌های انسانی و طبیعی می‌گردند. در این مقاله، مخاطره‌های ناشی از فرایندهای ژئومورفیک رودخانه‌ای به خصوص مخاطرات ناشی از طغیان آب و سیلاب بررسی، تحلیل و برآورد شده و دبی حداکثر سیلاب برای ارنگه و زیر حوضه‌های آن نیز محاسبه گردیده است. هدف از این تحقیق مشخص کردن نواحی دارای بیشترین خطر سیلاب است. در این پژوهش، بر اساس مطالعات هیدروژئومورفولوژیک و برآورد دبی زیر حوضه‌ها، محدوده‌هایِ دارای بیشترین خطرسیلاب مشخص شده‌اند. بدیهی است که نتایج حاصل از این مطالعه سبب توانمندسازی سیستم مدیریت بحران در فاز قبل از بحران می‌گردد و می‌تواند به برنامه‌ریزی و مدیریت منابع طبیعی، گردشگری و کالبدی منطقه کمک کند. بنابراین، اهمیت پرداختن به این مسئله ضروری به نظر می‌رسد.

واژگان کلیدی: سیلاب، مخاطرات، فرایندهای رودخانه‌ای، کرج، ارنگه.

[1]. نویسنده مسئول: Email: shila_۱۳۷۹@yahoo.com

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-06]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.53]

مقدمه

هر سال، سیل خسارات فراوانی به مساکن، مزارع، زمین‌های کشاورزی، راه‌ها، سدها، پل‌ها و جاده‌ها وارد می‌کند و در برخی موارد سبب مرگ بسیاری از انسان‌ها می‌شود و در نتیجه باعث تخریب ساختار اجتماعی جوامع و خسارات مالی و جانی فراوانی می‌گردد. طبق تعریف فرهنگ آب‌شناسی یونسکو، سیل عبارت است از افزایش معمولاً کوتاه‌مدت در سطح تراز آب یک رودخانه تا اوجی که سطح تراز آب از آن اوج با آهنگی آهسته‌تر عقب می‌نشیند. سیل ممکن است بر اثر بروز بارندگی‌ای شدید یا مستمر و یا ذوب ناگهانی برف‌ها در یک حوضه‌ی آبخیز یا در نتیجه‌ی شکسته شدن سدی به وقوع بپیوندد. به هر حال، بروز سیل و سیلاب سبب تخریب و ایجاد خسارت و تلفات به مراکز انسانی و سازه‌های مسیر سیلاب می‌گردد (اصغری مقدم، ۱۳۷۸: ۱۳۵). سیل، به صورت بسیار ساده، جریانی است که از میانگین حجم آب در طول رودخانه بیشتر باشد (Wohl, ۲۰۰۰: ۴). سیلاب‌ها در طول تاریخ رایج‌ترین، مرگ‌بارترین و پرهزینه‌ترین خطر در میان مخاطرات طبیعی بوده‌اند. خطر وقوع سیل طی زمان افزایش یافته است، به ویژه از زمانی که بسیاری از کشورها مجوز ساخت و ساز در دشت‌های سیلابی را صادر کردند و حتی رشد تجاری و مسکونی در این مناطق را حمایت کردند (Kusky, ۲۰۰۸: ۶۱). اندازه و تکرار رویداد سیلاب در هر منطقه به عوامل متعددی بستگی دارد. ویژگی‌های فیزیکی حوضه‌ی آبریز مانند شکل، شیب، شبکه‌ی آبراهه‌ای و ناهمواری زمین، همراه با ویژگی‌های هیدرولوژیکی مانند بارش، ذخیره و تلفات برگابی و چالابی، تبخیر و تعرق و نفوذپذیری و اقدامات ناشی از فعالیت‌های بشری در بروز و تشدید سیلاب یا کاهش و افزایش میزان خسارت‌های ناشی از آن دخالت دارند. شناخت این عوامل و دسته‌بندی آن‌ها در هر منطقه‌ای از اصول اولیه‌ی مهار سیلاب و کاهش خطرهای آن است (رضوی، ۱۳۷۸: ۷۵). بنابراین، در مهار سیلاب و مواجه با آن شناخت عوامل مؤثر بر اهمیت بسیار زیادی دارد. به گفته ی دیگر، پیش از هرگونه برنامه‌ریزی برای کنترل سیل، باید رفتار فرایندهای آن را شناخت (قنواتی، ۱۳۸۲: ۱۷۴).

بررسی آمار موجود نشان می‌دهد که تعداد وقوع بلایای طبیعی ناشی از سیلاب در حال افزایش بوده و این روند افزایشی از حدود نیمه‌ی دوم دهه‌ی ۹۰ میلادی شدت یافته است. اما چنین روندی در قاره‌ی آسیا شدیدتر از سایر قاره‌ها بوده است. دلیل این امر می‌تواند افزایش جمعیت و شدت یافتن پدیده‌ی فقر در این قاره باشد. سیلاب شایع‌ترین و یکی از مخرب‌ترین وقایع طبیعی است و کشور ما از نظر تعداد وقایع سیلاب در بین مناطق متوسط جهان قرار دارد. بنابراین، مسئله‌ی وقوع سیلاب و خسارت‌های مالی و تلفات جانی ناشی از آن در کشور ما اهمیت خاصی دارد. طبق آمار ارائه‌شده‌ی بانک اطلاعاتی بلایای طبیعی، از سال ۱۹۵۰تاکنون ۶۴ بلای طبیعی ناشی از سیلاب در ایران رخ داده که این وقایع بیش از ۳/۵ میلیون نفر را تحت تأثیر خود قرار داده و ۷۲۶۲ کشته و بیش از۳۷۰۰ میلیون دلار (بیش از ۳۳۰۰۰ میلیارد ریال) خسارت بر جای گذاشته است. طبق آمار موجود، به طور متوسط سالانه بیش از۱۷۰۰۰۰ نفر در کشور تحت تأثیر وقایع سیلاب قرار گرفته‌اند و ۲۴۲ نفر جان خود را از دست داده‌اند. همچنین، خسارت‌های مالی متوسط سالانه‌ی ناشی از وقایع سیلاب در حدود ۲۲۰ میلیون دلار (۱۹۸۰میلیارد ریال) بوده است که این مقدار در حدود ۰/۱۲۵ درصد بودجه‌ی کل سال ۱۳۸۴کشور و ۱۵/۲ درصد بودجه‌ی بخش آب در این سال است. در ایران نیز، مانند سایر مناطق سیل خیز دنیا در دهه‌های اخیر، شدت وقوع سیلاب‌ها و میزان خسارت‌های ناشی از آن به طور چشمگیری افزایش یافته است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور،۱۳۸۰: ۶). سطح مناطق سیل‌خیز کشور حدود ۹۱ میلیون هکتار برآورد می‌شود. به عبارتی دیگر، ۵۵ درصد از سطح کشور در ایجاد روان‌آبِ مستقیم و سریع نقش دارند که حدود ۴۲ میلیون هکتار آن دارای شدت سیل‌خیزی متوسط تا خیلی زیاد است. (ایلخچی و همکاران، ۱۳۸۱).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-06]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.53]

هر کدام از عوامل مؤثر بر رخداد سیلاب سهم متفاوتی در میزان خطر وقوع آن در سطح حوضه‌های آبریز دارند، به طوری که می‌توان این عوامل را با توجه به میزان اهمیت هر کدام اولویت‌بندی کرد. علاوه بر نزولات جـوی، عوامل دیگـر تشدیدکننده‌ی سیل در منطقه پارامترهای فیزیوگرافی آن است که عبارت‌اند از توپوگرافی، شکل حوضه، شیب، تراکم آبرهه و دیگر مشخصات فیزیوگرافی. همچنین، تشکیلات زمین‌شناسی و بافت خاک هر کدام به نحوی در شدت سیلاب سهیم هستند. شیب یکی از پارامترهای بسیار مهم در تشدید سیل و تخلیه‌ی سریع روان‌آب است که این امر سبب افزایش فرسایش و ایجاد شکاف و تشکیل گالی می‌گردد، شیب زیاد یکی از نشانه‌های سیل‌خیزی و محدودیت‌های عملیات اجرایی در سطح حوضه است. شیب طولی آبراهه عامل مؤثری در زمان تمرکز حوضه بوده و در شکل هیدروگراف سیل نیز مـؤثر است. زمان تمرکز با شیب رودخانه رابطه‌ی معکوس و با طول آن نسبت مستقیم دارد و یکی از شاخص‌های مهم محاسبات سیل‌خیزی زیرحوضه‌هاست.

ژئومورفولوژی رودخانه‌ای در پی مطالعه‌ی لندفرم‌ها و فرایندهای رودخانه‌ای و پیش‌بینی تغییرات حاصل‌شده با استفاده از مدل‌ها و مطالعات میدانی و آزمایشگاهی است و با کمک مهندسی رودخانه‌ای، روش‌های تجزیه و تحلیلی جدید و ابزارها و تکنیک‌ها در حال رشد و گسترش است. این امر سرانجام منجر به کسب توانایی‌های جدید در زمینه‌ی مدیریت رودخانه، اصلاح و تجدید چشم‌انداز، مطالعات مخاطرات و ژئومورفولوژی دیرینه‌ی رودخانه‌ای می‌شود (Thorndycraft, ۲۰۰۷). هیچ عامل ژئومورفیکی به اندازه‌ی آب‌های سطحی سطح زمین را، حتی در نواحی خشک، تغییر شکل نمی‌دهد. اصولاً رودخانه‌ها ممکن است از لحاظ شرایط دینامیکی خود خطرهای بسیاری را به بار آورند (زاهدی، ۱۳۸۰: ۲۳). آن‌ها با حفر، حمل و رسوب‌گذاری مواد سبب تغییرات فراوانی بر اراضی می‌گردند و در مواقع طغیانی بر کرانه‌ها هجوم می‌برند و بر اثر سرریز آب به داخل شهرها نفوذ می‌کنند که سبب مختل شدن فعالیت‌های روزمره‌ی مردم و وقوع خسارت‌ها به شهرها می‌شوند. اصولاً مخاطراتی که فرایندهای ژئومورفیک رودخانه‌ای ایجاد می‌کنند یا ناشی از عمل تخریب و فرسایش و رسوب‌گذاری است یا ناشی از طغیان آب رودخانه است. امروزه ژئومورفولوژی رودخانه‌ای به عرصه‌ی جدیدی وارد شده و به عنوان پایه‌ای برای مطالعه تغییرات محیطی درآمده که برای مدیریت کانال‌های رودخانه‌ای به کار می‌رود (Gregory, et al., ۲۰۰۷). به طوری که لندفرم‌ها و فرایندهای رودخانه‌ای و پیش‌بینی تغییرات حاصل با استفاده از مدل‌ها و مطالعات میدانی و آزمایشگاهی در این زمینه رایج شده است.

میلر و همکاران (Miller, et al, ۲۰۰۲) با تلفیق مدل‌های هیدرولوژیک و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، اثر تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی را بر واکنش هیدرولوژیک دو حوضه‌ی آبخیز ایالات متحده آمریکا مطالعه کردند. آن‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم افزارهایArcView وArcInfo نقشه‌ی کاربری اراضی این دو حوضه را در چند دوره‌ی زمانی و در کلاس‌های جنگل، زراعت، مناطق شهری و اراضی لخت تهیه کردند.

فرناندز و لوتز (Fernández and Lutz , ۲۰۱۰) به بررسی و تهیه‌ی نقشه‌ی خطر سیلاب در استان تاسمان آرژانتین پرداختند. در این مطالعه، برای تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر سیلاب شاخص‌هایی چون فاصله تا زهکشی، توپوگرافی منطقه (شیب و ارتفاع)، سطح آب‌های زیرزمینی و کاربری اراضی منطقه استفاده شده است. نتایج بررسی نشان می‌دهد که استفاده از نقشه‌های خطر سیلاب می‌تواند در مدیریت کاربری اراضی و کاهش سیلاب بسیار مؤثر باشد. فدسکی و گلیام (Fedeski and Gwilliam, ۲۰۰۷) به مطالعه‌ی پایداری شهر با تداوم آثار مخاطرات سیلاب و زمین‌شناسی و به

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-06]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.53]

بررسی و شناخت خطرهای بیرونی پرداخته‌اند که شهر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین، به آثار مخاطرات از قبیل تأثیر در آینده و یک‌پارچگی شهرها و پایداری اقتصادی و اجتماعی نیز اشاره کرده‌اند. روش بررسی آن‌ها ترکیبی از بررسی فیزیکی و تکنیک‌های نقشه‌برداری و سیستم اطلاعات جغرافیایی است. لی و ین (Yin and Li, ۲۰۰۱) به بررسی تأثیر نقش انسان در سیلاب و مخاطرت ناشی از آن در رودخانه‌ی یانگ‌تسه پرداختند. در این مطالعه، به نقش انسان ازجمله کاهش درصد جنگل در منطقه، تعرض به حریم‌ها و مواردی این چنین اشاره شده است و ماحصل مطالعه به پیشگیری سیلاب اهمیت بیشتری می‌دهد.

پریشانی فروشانی و همکاران (۱۳۸۱) در محیط GIS به کمک نرم‌افزارArcView میزان تلفات بارش را با استفاده از روش سازمان حفاظت خاک آمریکا به دست آوردند. سپس، با استفاده از روش کلارک، هیدروگراف سیل حوضه‌ی آبخیز کسیلیان را محاسبه کردند. آن‌ها بارش متوسط مولد سیلاب را به روش میانگین متحرک و تابع عکس فاصله در محیط ArcViewتعیین کردند و برای کالیبراسیون مدل به کار بردند. نتایج نشان داد که فقط ضریب ذخیره و تلفات اولیه نیاز به بهینه‌سازی دارند و پارامتر شماره‌ی منحنی نفوذ نیازی به کالیبراسیون ندارد و می‌توان از مقادیر محاسباتی استفاده کرد. نتایج این تحقیق توانایی سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی را در تهیه‌ی نقشه‌ی شماره‌ی منحنی حوضه و نیز محاسبه‌ی پارامترهای فیزیوگرافیک مورد نیاز تأیید کرد. اسماعیلی و همکاران (۱۳۸۷) رفتار هیدرولیکی رودخانه‌ی کنچانچم استان ایلام را در مقابل سیلاب‌های احتمالی برای کاهش خسارت وارد بررسی کردند. آن‌ها برای نمایش محدوده‌ی مطالعه و استخراج اطلاعات مورد نیاز در تحلیل هیدرولیکی از نرم‌افزار HEC-RAS و یکی از نرم‌افزارهای الحاقی آن با عنوان HEC-GeoRAS استفاده کردند. نتایج نشان داد تلفیق و مدل‌های هیدرولیکی نه تنها عملی است، بلکه موجب تسهیل مدل‌سازی هیدرولیکی می‌شود. اعلمی و همکاران (۱۳۸۷) حرکت هیدرولیکی ۸ کلیومتر از بازه‌ی رودخانه‌ی قرنقو را مطالعه کردند. آن‌ها برای مطالعه‌ی هیدرولیکی سیلاب از مدل HEC-RAS هیدرولیکی و برای استخراج مقاطع عرضی با استفاده از نرم‌افزار ArcView نقشه‌های رقومی از محدوده‌ی رودخانه تهیه و از ابزار HEC-GeoRAS به منظور بررسی نتایج مدل و پهنه‌بندی سیلاب در محیط با دوره‌ی بازگشت ۲، ۱۰ و ۱۰۰ سال استفاده کردند و نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب و حد بستر و حریم سیل را نیز تهیه کردند.

حوضه‌ی ارنگه، حوضه‌ای کوهستانی و با شیب تند و ساختار زمین‌شناسی مستعد فرسایش و سیل‌خیزی است. شیب تند در بالادست واحدهای هیدرولوژیکی حوضه‌ی مطالعه، ضعف پوشش گیاهی و عدم مدیریت صحیح در بهره‌برداری از مراتع، عدم کنترل دام و... از مواردی هستند که به شدت فرسایش خاک، تخریب حوضه و افزایش سیلاب را می‌افزایـند. باتوجه به مشخصات فیزیکی و فرم آبراهه‌ها، ضرایب هیدرولوژیکی زیرحوضه‌ها، بالا بودن رخنمون سنگی، شدت بالای رگبار و اهمیت حفظ اراضی و باغ‌های حاشیه‌ی رودخانه، ارزش‌های گردشگری منطقه و نیاز اراضی کشاورزی و باغ‌ها به آب، بررسی و برآورد سیلاب و اجرای عملیات آبخیزداری در این حوضه ضروری است. در زمینه‌ی پیشگیری، اتخاذ تدابیر و برنامه‌ریزی صحیح روستایی و گردشگری و مدیریت ساخت و سازها مستلزم داشتن اطلاعات صحیح از مناطق و شناخت وضعیت موجود است. از این رو، مطالعه و پژوهش در زمینه‌ی کاهش خطرپذیری و شناخت تهدیدهای موجود در منطقه‌ی ارنگه با توجه به ییلاقی بودن، قابلیت‌های گردشگری، باغ‌ها و ویلاهای در مسیر رودخانه و غیره ضروری به نظر می‌رسد.

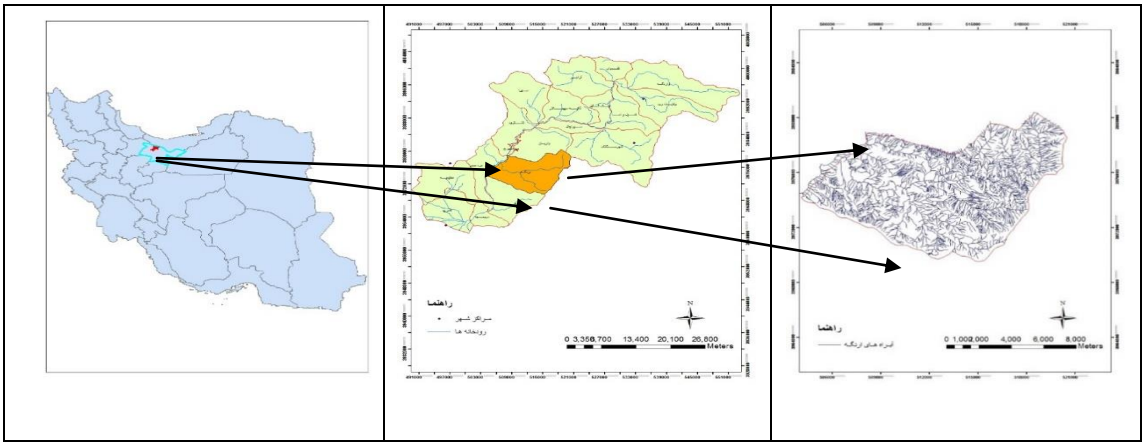
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-06]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.53]

داده‌ها و روش کار

الف) موقعیت و ویژگیهای عمومی محدوده

حوضه‌ی ارنگه یکی از زیرحوضه‌های حوضه‌ی بزرگ‌تر آبریز کرج است که مساحتی حدود ۱۰۰/۹۸ کیلومترمربع دارد. حداکثر ارتفاع آن ۳۶۶۵ متر، حداقل ۱۶۳۷ متر و ارتفاع متوسط آن ۲۶۸۹ متر است. حوضه‌ی ارنگه درمحدوده‌ی استان البرز، شمال شهرستان کرج، ۱۵ کیلومتری جاده‌ی کرج ـ چالوس، در ضلع شرقی رودخانه و زیردست سد کرج (میرکبیر) واقع شده است. همه‌ی راه‌های ارتباطی بین روستاهای درون و مجاور حوضه آسفالت است. شکل شماره‌ی ۱ موقعیت حوضه‌ی ارنگه در حوضه‌ی کرج و ایران را نشان می‌دهد.

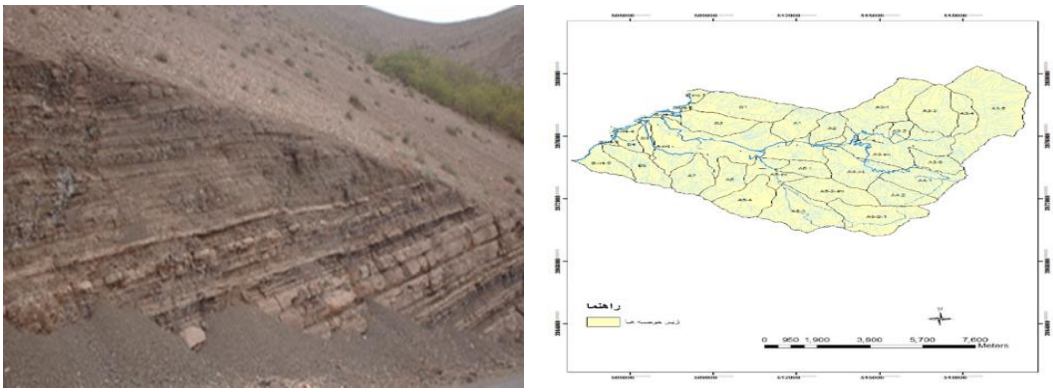


شکل ۱. موقعیت حوضه‌ی مطالعه.

از نظر توپوگرافیکی، حوضه‌ی ارنگه حوضه‌ای است کوهستانی با امتداد تقریباً شرقی ـ غربی که رودخانه‌ی اصلی آن به رودخانه‌ی کرج می‌ریزد. عمده مساحت ارتفاعی این حوضه در طیف ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر قرار دارد .حوضه با شیب متوسط ۵۵ درصدی، حوضه‌ای پر شیب است به گونه‌ای که شیب‌های بیش از ۲۰ درصد حدود ۹۳ درصد مساحت آن را شامل می‌شوند. از نظر زمین‌شناختی و سنگ‌شناختی رسوبات حوضه نسبتاً جوان بوده و مربوط به ائوسن تا عهد حاضرند و شامل توف، شیل، توفیت، ماسه‌سنگ، ماسه‌سنگ توفی، کنگلومرا، سنگ‌های آذرین (آندزیت، تراکیت، داسیت)، توده‌های نفوذی و آبرفت و کوه‌رفت‌های کواترنر هستند. به لحاظ اقلیمی متوسط بارش سالانه‌ی منطقه در ایستگاه سد کرج حدود ۴۱۵ میلیمتر است که، با توجه به رابطه‌ی گرادیان بارش با ارتفاع منطقه، در بلندترین بخش‌های کوهستانی به ۱۰۰۰ میلیمتر نیز می‌رسد. میانگین دمای سالانه در ایستگاه سد کرج ۱۳/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد است با توجه به رابطه‌ی گرادیان دما با ارتفاع منطقه، در بلندترین بخش‌های کوهستانی به حدود ۱- درجه نیز کاهش می‌یابد. با توجه به کوهستانی بودن منطقه، بخش اعظم حوضه‌ی با مراتع پوشیده شده است، به گونه‌ای که حدود ۶۶ درصد مساحت حوضه‌ی مراتع با تیپ گون، گراس، گیاهان خاردار و لگوم هستند. حدود ۲۶ درصد مساحت حوضه را برونزدهای سنگی و صخره سنگ تشکیل می‌دهد و اراضی زراعی، باغ‌ها و بافت روستایی نیز ۸ درصد مساحت حوضه را شامل می‌شوند. به دلیل آب و هوای خوب در بهار و تابستان و وجود رودخانه و باغ‌ها و چشم‌اندازهای زیبا، این حوضه ناحیه‌ای ییلاقی و فراغتی محسوب می‌شود و ویلاها و خانه‌باغ‌های بسیاری در آن ساخته شده و در حال گسترش سریع نیز هستند. شکل شماره‌ی ۴ نقشه‌ی شیب، زمین‌شناسی، کاربری اراضی و طبقات ارتفاعی محدوده‌ی مطالعه را نشان می‌دهد.

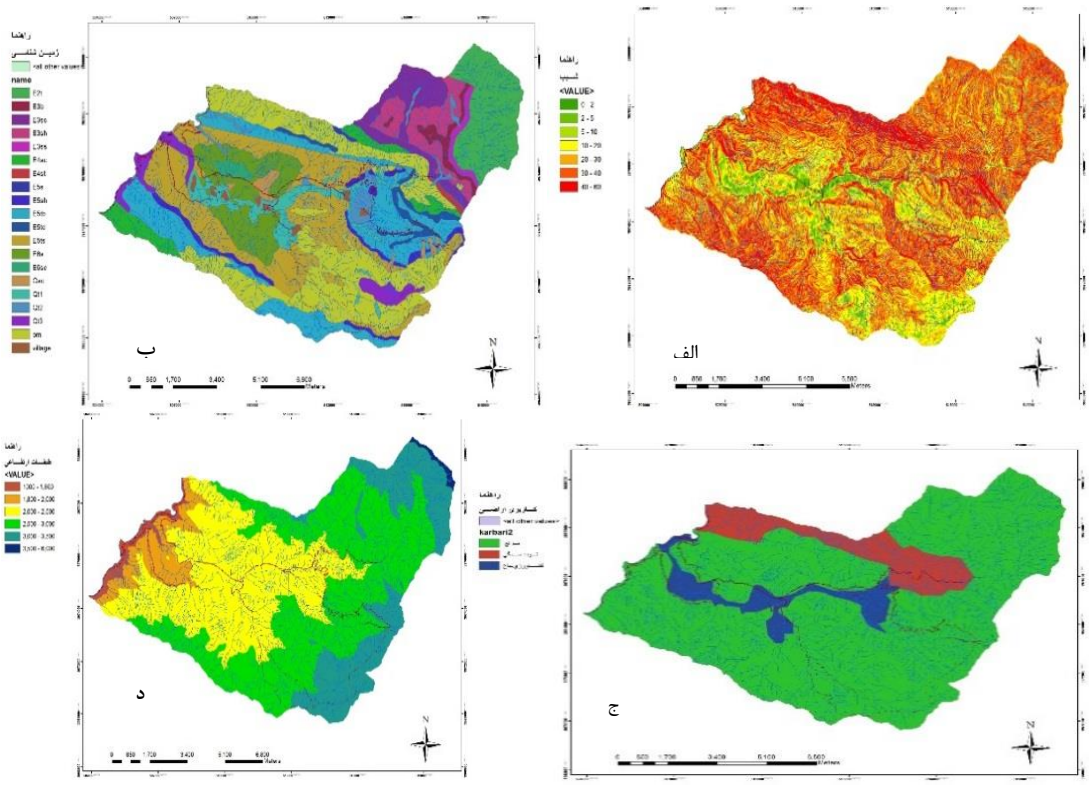
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-06]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.53]



شکل ۲. واحدهای هیدرولوژیکی حوضه‌ی آبریز ارنگه (راست)، نمایی از برونزد توف و لای سنگ در حوضه (چپ).

شکل ۳. نمایی از باغ‌های حوضه‌ی ارنگه (راست)، ویلاسازی در حاشیه و حریم رودخانه (چپ).



شکل ۴. شیب (الف)، زمین‌شناسی (ب)، کاربری اراضی (ج)، طبقات ارتفاعی (د).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-06]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.53]

ب)داده‌ها

در این پژوهش، برای بررسی و تحلیل سیلاب در حوضه‌ی مطالعه از داده‌ها و منابع گوناگونی شامل بررسی‌های کتابخانه‌ای و اسنادی، نقشه‌های پایه‌ی توپوگرافی مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی، داده‌های اقلیمی اخذ شده از سازمان هواشناسی، داده‌های هیدرولوژیکی اخذ شده از سازمان آب منطقه‌ای البرز استفاده شد. بازدیدهای میدانی، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نیز بخشی از فرآیند این بررسی بوده است. برای برآورد سیلاب با استفاده از داده‌های پایه، ابتدا زمان تمرکز به روش کرپیچ محاسبه شد. سپس، بر اساس تحلیل منطقه‌ای، روان‌آب و دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب برآورد گردید.

ج)روش

با توجه به نبود ایستگاه هیدرومتری در خروجی حوضه‌ی ارنگه، برای دستیابی و برآورد روان‌آب از داده‌های ایستگاه‌های منطقه شامل سیرا، سد کرج، پل خواب، آدران، بیلقان، گچسر و لشتارود استفاده گردید. زمان تمرکز حوضه و زیر حوضه‌ها از روش کرپیچ و رابطه‌ی ۱ به دست آمد.

رابطه‌ی ۱: Tc=۰.۰۰۰۳ L^۰.۷۷* S^-۰.۳۸۵

که در آن:

Sشیب آبراهه به درصدL طول آبراهه به متر و TCزمان تمرکز برحسب ساعت است.

نبود ایستگاه هیدرومتری در خروجی حوضه سبب شد تا از فرمول تجربی جاستین برای برآورد حجم روان‌آب سالانه‌ی حوضه استفاده شود. روش جاستین به دلیل داشتن پارامترهای بیشتر و نوسان‌های کمتر به روش‌های دیگر ترجیح داده شد. گفتنی است که در فصول زراعی در داخل حوضه از روان‌آب حاصل از نزولات جوی برای آبیاری باغ حاشیه‌ی رودخانه استفاده می‌شود و همه‌ی روان‌آب از حوضه خارج نمی‌گردد.

جاستین تحقیقات گسترده‌ای درباره‌ی رابطه‌ی بین میزان بارندگی و روان‌آب سالانه تعداد زیادی از حوضه‌های آبخیز در شرایط مختلف آب و هوایی به عمل آورد و نتایج خود را به صورت فرمول زیر ارایه داد که تابع سه پارامتر بارندگی، درجه حرارت و شیب حوضه است (Varshney, ۱۹۷۹). در این روش ضریب K، که به قابلیت پتانسیل آبی، خصوصیات زمین‌شناسی و پوشش گیاهی بستگی دارد، به کمک دبی سالانه در ایستگاه پل خواب از رابطه‌ی ذیل محاسبه گردید و مقدار آن ۰/۳ به دست آمد. روان‌آب سالانه در روش جاستین برای حوضه‌ی ارنگه به شرح ذیل محاسبه گردید (رابطه‌ی ۲ و ۳):

رابطه‌ی۲:

$$K = \frac{R(1/8T + 32)}{S^{0/155} \times P^2}$$

که در آن:

R: روان‌آب سالانه به سانتیمتر (۳۵/۴)؛ P: متوسط بارندگی سالانه به سانتیمتر (۷۸/۶)؛

T: متوسط دمای سالانه (۵/۱)؛ A: مساحت حوضه بر حسب کیلومتر مربع (۱۰۰/۹۰)؛

ΔH: ختلاف ارتفاع حوضه بر حسب کیلو متر (۲/۰۲۸)؛ S: پارامتر شیب حوضه.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-06]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.53]

$$R = K.S^{۰/۱۵۵} \frac{P^2}{(1.8T + 32)}$$

$$S = \frac{\Delta H}{\sqrt{A}}$$

رابطه‌ی ۳

برای برآورد دبی حداکثر لحظه‌ای و سیلاب، با داشتن میانگین دبی سالانه و دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های رودخانه کرج و محاسبه‌ی دوره‌ی برگشت ۲ تا ۱۰۰ ساله، دبی لحظه‌ای برای همه‌ی زیرحوضه‌ها به روش تحلیل منطقه‌ای محاسبه گردید.

شرح و تفسیر نتایج

با توجه به بررسی‌های به عمل آمده حوضه‌ی ارنگه ابتدا به ۲۶ زیرحوضه تقسیم گردید که زیرحوضه‌های ۱ تا ۲۱ مربوط به رودخانه‌ی اصلی ارنگه و زیرحوضه‌های ۲۲تا ۲۶ شعبه‌های فرعی هستند که از ارتفاعات نزدیک حوضه مستقیماً به داخل رودخانه کرج می‌ریزند. براساس نتایج به دست آمده طول کل آبراهه‌های این حوضه ۷۲۵ کیلومتر و طول آبراهه اصلی حوضه ۲۱/۶۳ کیلومتر است. زمان تمرکز کل حوضه ۱/۹ ساعت است. حداقل زمان تمرکز در زیرحوضه‌ها معادل ۰/۱۴ و حداکثر آن ۱/۱۶ ساعت برآورد شده است (جدول ۱). میانگین دبی سالانه حوضه‌ی ارنگه در محل خروجی حوضه معادل ۰/۹۴ متر مکعب در ثانیه محاسبه شد که در اردیبهشت به حداکثر خود یعنی ۴/۵ متر مکعب و در مرداد به حداقل خود یعنی ۰/۰۶ مترمکعب در ثانیه می‌رسد (جدول ۲).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-06]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.53]

جدول ۱. مشخصات مساحت، طول آبراهه‌ی اصلی و زمان تمرکز در زیرحوضه‌ها

ردیف	مشخصات / کدزیرحوضه	مساحت (هکتار)	زمان تمرکز (ساعت)	طول آبراهه اصلی(کیلومتر)
۱	A۱	۲۷۲.۸	۰.۲۸	۲.۸۵
۲	A۲	۱۷۶.۶	۰.۲۷	۳.۰۶
۳	A۳-۱	۵۶۸.۹	۰.۴۱	۴.۸۷
۴	A۳-۲	۹۳.۵	۰.۱۵	۱.۷۶
۵	A۳-۳	۴۲۱.۸	۰.۳۶	۳.۷
۶	A۳-۴	۱۸۵.۲	۰.۳۱	۳.۳۸
۷	A۳-۵	۹۷۸.۳	۰.۵۹	۵.۹۸
۸	A۳-۶	۱۷۲.۱	۰.۲	۲.۵۸
۹	A۳-int	۶۵۷.۹	۰.۵۶	۴.۵۶
۱۰	A۴-۱	۳۴۹.۹	۰.۳	۳.۴
۱۱	A۴-۲	۲۵۹	۰.۱۹	۲.۴۶
۱۲	A۴-int	۴۰۰.۶	۰.۳۹	۳.۲۸
۱۳	A۵-۱	۱۵۲.۹	۰.۲۳	۲.۴۴
۱۴	A۵-۲-۱	۴۷۵.۷	۰.۲۳	۴.۸۴
۱۵	A۵-۲-int	۳۵۲.۹	۰.۳۵	۴.۲
۱۶	A۵-۳	۵۲۵	۰.۳۳	۳.۸۴
۱۷	A۵-۴	۳۴۳.۳	۰.۳۳	۳.۶
۱۸	A۵-int	۲۲۹.۱	۰.۳۳	۲.۲۷
۱۹	A۶	۲۵۸.۸	۰.۳۲	۳.۵
۲۰	A۷	۲۸۸.۲	۰.۲۸	۳.۱۹
۲۱	A-int	۱۲۷۹.۵	۱.۱۶	۱۰.۸۱
۲۲	B۱	۴۵۰.۶	۰.۳۶	۴.۶۷
۲۳	B۲	۳۰۳.۶	۰.۳	۳.۴۲
۲۴	B۳	۱۰۱.۴	۰.۲۷	۲.۷۷
۲۵	B۴	۵۶.۳	۰.۱۴	۱.۵۱
۲۶	B۵	۳۰۲.۹	۰.۳۲	۴.۰۷
-	**کل حوضه**	**۱۰۰۹۸**	۱/۹	۲۱/۶۳

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-06]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.53]

جدول ۲. دبی متوسط ماهانه و سالانه حوضه‌ی ارنگه m۳/s

ایستگاه	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	سالانه
پل خواب	۰.۰۱	۰.۰۲	۰.۱	۰.۵۶	۱.۳۵	۰.۸۹	۰.۱۷	۰.۰۷	۰.۰۶	۰.۱۱	۰.۰۷	۰.۰۱	۰.۲۸
ارنگه	۰.۰۲	۰.۰۶	۰.۳۴	۱.۸۶	۴.۵	۳	۰.۵	۰.۲	۰.۲	۰.۳۴	۰.۲۲	۰.۰۳	۰.۹۴

بدیهی است بخش‌های وسیعی از مسیر رودخانه (به ویژه بالادست) در تابستان خشک هستند. علاوه بر میانگین دبی ماهانه‌ی حوضه‌ی ارنگه، مقدار میانگین حداکثر لحظه‌ای زیرحوضه‌ها در دوره‌ی برگشت‌های مختلف نیز محاسبه شد و در جدول ۳ ارائه گردید. همچنان که نتایج نشان می‌دهد، با توجه به برآورد حداکثر دبی لحظه‌ای برای زیرحوضه‌ها، در یک دوره‌ی برگشت ۲۵ ساله تقریباً در همه‌ی زیرحوضه‌ها میزان دبی سیلابی به بیش از ۱۰ مترمکعب در ثانیه می‌رسد، مقداری که اغلب مجراها و کانال‌های رودخانه‌ای حوضه‌ی ارنگه با توجه به فرم و ابعاد خود (به ویژه در باغ‌ها و روستاها) توانایی تخلیه و عبور چنین سیلاب‌هایی را ندارند. رخداد چنین سیلاب‌های حداکثری منجر به سرریز شدن سیلاب از مجرا و وارد شدن آب سیل به داخل باغ‌ها، ویلاها و خانه‌های حاشیه‌ی رودخانه می‌گردد.این اتفاق در فروردین ماه سال جاری نیز در بالادست روستای سیجان رخ داد و سبب خسارت به حاشیه‌ی کانال و باغ‌ها گردید. شکل شماره‌ی ۵ فرم و ابعاد مجرای رودخانه را در محل مذکور نشان می‌دهد. عرض رودخانه در این محل بین ۴ تا ۶ متر و عمق آن با توجه به جنس موادبستری شامل قلوه‌سنگ و تخته‌سنگ بسیار کم و در بهار به ندرت از ۰/۵ متر تجاوز می‌کند. از این رو، در حالت طبیعی در بهار این مجرا توانایی عبور ۳ متر مکعب آب را در ثانیه دارد. در حالی که برآوردها نشان می‌دهد (جدول ۳) حتی در یک دوره‌ی برگشت ۵ ساله در بسیاری از بخش‌های این حوضه دبی سیلابی به بیش از ۵ مترمکعب در ثانیه خواهد رسید. البته در بخش‌هایی از مسیر رودخانه اصلی اهالی منطقه با احداث دیواره‌های سنگی و سنگ‌چینی ارتفاع دیواره‌های مجرای کانال را، تا حدودی بالا آورده‌اند تا از ورود سیلاب به داخل باغ‌ها جلوگیری کنند. با وجود این، در دوره‌های بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ساله این دیوار چینی‌ها نیز نمی تواند از وقوع خسارت‌ها جلوگیری کند.

در کل زیرحوضه‌های $A_۳$ سیل بیشتری از واحدهای دیگر در واحد سطح دارند. جدول‌های محاسبات سیل و آثار داغ آب در خروجی زیرحوضه‌های منطقه‌ی مطالعه حکایت از شدت متوسط سیل در منطقه دارد که با اجرای عملیات آبخیزداری و اعمال مدیریت صحیح مرتع‌داری در واحدهای فوق می‌توان سیل حوضه را کاملاً مهار کرد. در پایین دست و اطراف روستاهای منطقه اراضی کشاورزی و باغی و مزارع رهاشده وجود دارد. در تپه ماهوری‌های اطراف روستاها دیم‌زارهای رها شده‌ی فراوان است. در منطقه ساخت و سازهای مسکونی نیز مشاهده می‌گردد که برخی از آن‌ها در حریم آبراهه است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-06]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.53]

جدول ۳. حداکثر دبی لحظه‌ای با دوره‌ی برگشت‌های مختلف در خروجی زیرحوضه‌های ارنگه بر اساس تحلیل منطقه‌ای (m۳/s)

ردیف	زیرحوضه	دبی لحظه ای	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
۱	A۱	۳.۵۵	۳.۴	۶.۳	۸.۲	۱۰.۴۵	۱۲.۴	۳۳.۷
۲	A۲	۳.۵	۳.۳	۶.۲	۷.۷	۱۰.۲	۱۱.۹	۳۶.۷
۳	A۳-۱	۴.۰	۳.۷	۶.۸	۸.۵	۱۱.۳	۱۳.۴	**۴۰.۶**
۴	A۳-۲	۳.۷	۳.۳	۵.۷	۷.۴	۱۰.۲	۱۱.۷	۳۶.۴
۵	A۳-۳	۳.۸	۳.۶	۶.۳	۸.۱	۱۰.۸	۱۲.۷	۳۹.۵
۶	A۳-۴	۳.۵۵	۳.۳	۶.۲	۷.۷	۱۰	۱۱.۹	۳۷.۳
۷	A۳-۵	۴.۲۵	۴	۷.۵	۹.۶	۱۲.۳	۱۴.۶	**۴۶.۳**
۸	A۳-۶	۳.۵	۳.۳	۶.۲	۷.۹	۱۰.۲	۱۱.۹	۳۶.۷
۹	A۳-int	۴	۳.۸	۶.۹	۸.۹	۱۱.۴	۱۳.۶	**۴۱.۴**
۱۰	A۴-۱	۳.۸۵	۳.۵	۶.۲	۸.۳	۱۰.۶	۱۲.۵	۳۸.۸
۱۱	A۴-۲	۳.۶	۳.۲	۶.۳	۷.۷	۱۰.۴	۱۲.۶	۳۷.۵
۱۲	A۴-int	۳.۷۵	۳.۳	۶.۴	۸.۱	۱۰.۶	۱۲.۷	۳۹.۴
۱۳	A۵-۱	۳.۵	۳.۱	۶	۷.۶	۱۰.۲	۱۱.۹	۳۶.۵
۱۴	A۵-۲-۱	۳.۸	۳.۶	۶.۴	۸.۵	۱۰.۷	۱۲.۹	۴۰.۲
۱۵	A۵-۲-int	۳.۹	۳.۵	۶.۲	۸.۲	۱۰.۴	۱۲.۵	۳۸.۳
۱۶	A۵-۳	۴.۲	۳.۶	۶.۴۵	۸.۶	۱۱.۲	۱۲.۷	۴۰.۲
۱۷	A۵-۴	۳.۹	۳.۳	۶.۲	۸.۳	۱۰.۶	۱۲.۵	۳۸.۷
۱۸	A۵-int	۳.۶۵	۳.۴	۶.۳	۷.۸	۱۰.۳	۱۱.۸	۳۷.۲
۱۹	A۶	۳.۷	۳.۳۵	۶.۲	۷.۷	۱۰.۴	۱۲.۶	۳۷.۵
۲۰	A۷	۳.۷	۳.۴	۶.۳	۸.۳	۱۰.۲	۱۲.۴	۳۸.۴
۲۱	A-int	۴.۸	۴.۳	۷.۹	۱۰.۳	۱۳.۳	۱۵.۵	**۴۸.۳**
۲۲	B۱	۳.۹۵	۳.۶	۶.۵	۸.۵	۱۰.۹	۱۲.۸	۳۹.۳
۲۳	B۲	۳.۹	۳.۵	۶.۱	۸.۳	۱۰.۳	۱۲.۳	۳۸.۱
۲۴	B۳	۳.۷۵	۳.۱	۶	۷.۵	۹.۷	۱۱.۷	۳۶
۲۵	B۴	۳.۶	۳.۲	۵.۹	۷.۶	۹.۵	۱۱.۵	۳۵.۵
۲۶	B۵	۳.۹	۳.۵	۶.۳	۸.۱	۱۰.۵	۱۲.۲	۳۸.۳

شکل ۵. عرض و عمق رودخانه و آثار سیلاب (راست)، نمونه‌ای از دیواره‌چینی در حاشیه‌ی رودخانه و آثار سیلاب (چپ) ۱۰ فروردین ۹۴.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-06]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.53]

شکل ۶. آثار سیلاب ۲۸ مرداد ۹۴ در روستای سیجان در حوضه‌ی ارنگه.

نتیجه گیری

با توجه به خصوصیات هیدروژئومورفولوژیک حوضه، زیر حوضهAint (زیرحوضه‌ی شماره‌ی ۲۱)، که عمدتاً با آبرفت پوشیده شده و روی بستر نفوذناپذیری از سیلت سنگ قرار گرفته، به دلیل ویژگی مورفولوژیکی آبراهه‌های پرشیب، مرفولوژی غالب کوهستانی، زمان تمرکز پایین حوضه، کمبود و فقر پوشش گیاهی دارای بیشترین دبی‌های سیلابی است (حدود ۱۵ و ۵۰ متر مکعب در ثانیه در دوره‌ی برگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله). سایر زیر حوضه‌های با دبی سیلابی بالا نیز شامل زیرحوضه‌های شماره‌ی ۳، ۵، ۷، ۹، ۱۲، ۱۴ و ۱۶ هستند که در مرکز، شرق، شمال شرق و جنوب حوضه قرار دارند. همچنین روستاهای سیجان، جی، سرزیارت، جوراب و ارنگه در مسیر رودخانه‌ی اصلی و در درون زیرحوضه‌های دارای بیشترین دبی سیلابی هستند و احتمال وقوع سیلاب و بروز خسارت در این بخش‌ها و روستاها بیشتر از دیگر نواحی حوضه است. بنابراین، به نظر می‌رسد که زیرحوضه‌های دارای اولویت اجرای عملیات آبخیزداری و کنترل روان‌آب حوضه‌های مذکور هستند.

بخش‌های فراوانی از حوضه‌ی ارنگه دارای شیب بیش از ۶۰ درصد است که این شاخص تأثیر بسیار مهمی در ایجاد روان‌آب، کاهش زمان تمرکز، فقر خاک و پوشش گیاهی بوده و از عوامل مهم تشدیدکننده‌ی سیلاب و فرسایش است. از این رو، وجود پوشش گیاهی در چنین مناطقی می‌تواند مانع بسیار قدرتمندی بر سر روان‌آب، کاهش سرعت روان‌آب، کاهش سیل‌خیزی منطقه و در نتیجه‌ی آن‌ها کاهش فرسایش خاک داشته باشد. با اجرای عملیات آبخیزداری و اعمال مدیریت صحیح مرتع‌داری در واحدهای فوق می‌توان سیل حوضه را تا حد فراوانی مهار کرد.

پیشنهاد می‌شود با توجه به فقر پوشش گیاهی در بخش‌هایی از حوضه با اجرای عملیات گوناگون احیایی و جنگل‌کاری پوشش گیاهی تقویت و بهبود گردد. سازه‌های گابیونی و دیگر سازه‌های کوچک تأخیری (بندها) با توجه به سیلاب طراحی و اجرا گردد. حریم رودخانه در بخش‌های مسکونی رعایت و از ساخت و ساز در حریم و نواحی سیل‌گیر جلوگیری شود. وقوع سیلاب ۲۸ مرداد در این حوضه و رودخانه‌ی کرج نشان داد که این حوضه مستعد سیل‌گیری است. در پی وقوع این سیلاب خسارت‌های فراوانی به روستای سیجان و سرزیارت وارد شد (شکل ۶) و چندین نفر کشته و چند واحد مسکونی و ده‌ها خودرو از بین رفتند. همچنین خسارت فراوانی نیز به باغ‌ها و اراضی حاشیه‌ی رودخانه وارد شد (خبرگزاری ایسنا، ۲۹ مرداد ۱۳۹۴). به دلیل ییلاقی بودن و آب و هوای مطلوب این منطقه، گسترش ساخت و سازها و ویلاها به ویژه در حاشیه‌ی رودخانه و شیب‌های تند بسیار خطرناک است و سبب تخریب پوشش

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-06]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.53]

گیاهی و مراتع در دامنه‌ها می‌شود. این موضوع نیز در سیل‌خیزی تأثیر می‌گذارد. بنابراین، لازم است سازمان‌های مربوط با اقدام‌های قانونی و برنامه‌ریزی مناسب این‌گونه مخاطرات را مهار و مدیریت کنند.

منابع:

اصغری مقدم، محمدرضا. ۱۳۷۸. *جغرافیای طبیعی شهر، هیدرولوژی و سیل خیزی شهر*، چاپ اول ،انتشارات مسعی. تهران

ایلخچی، عباس؛ محمد علی حاج عباسی و احمد جلالیان ۱۳۸۱. اثر تغییر کاربری زمین‌های مرتعی به دیم کاری بر تولید روان‌آب، مجله‌ی *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، **۴**: ۲۵-۳۶.

پریشانی فروشانی، سحر؛ علیرضا برهان و احمد فاتحی. ۱۳۸۱. استخراج اتوماتیک هیدروگراف سیل حوضه‌ای در GIS، *مجموعه مقالات ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی رودخانه*، اهواز.

حسین‌زاده ، سید رضا و مهناز جهادی طرقی.۱۳۸۶. اثرات گسترش شهر مشهد بر الگوی زهکشی طبیعی و تشدید سیلاب‌های شهری، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره **۶۱**: ۱۴۵-۱۵۹.

رضوی، احمد. ۱۳۸۷.*اصول تعیین حریم منابع آب*، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعت آب و برق، تهران.

زاهدی، شمس السادات.۱۳۸۸. *توسعه پایدار*، چاپ اول ، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت).تهران

عبدالهی مجید. ۱۳۸۰. *مدیریت بحران در نواحی شهری*، تهران، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور. تهران

قنواتی، عزت‌اله. ۱۳۸۲. مدل ژئومورفولوژیکی سیلاب درحوضه‌ی گاماسیاب، فصل‌نامه‌ی *تحقیقات جغرافیایی*، شماره **۷۱**: ۱۷۴-۱۸۲

کلانتر ، سید علاءالدین. ۱۳۸۰ . *راهنمای مهار سیلاب رودخانه (روش‌های سازه‌ای)*، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی و تدوین معیارها ،تهران.

Chapman, G.; Lenting, V and Ashby, G., ۲۰۰۳. Thames coast flood risk assessment":Christchurch, New Zealand Fernández ,D.S.; Lutz, M.A. ۲۰۱۰.Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina.Using GIS and multicriteria decision analysis,۹۰-۹۸.

Fedeski, M.; Gwilliam, J.۲۰۰۷. Urban sustainability in the presence of flood and geological hazards:The development of a GIS-based vulnerability and risk assessment methodology,۵۰-۶۱.

Gregory, K.J. ۲۰۰۶. The human role in changing river channels. Journal of Geomorphology ۷۹.

Gregory, K.J.; Benito, G.; Downs, P. W. ۲۰۰۷. Applying fluvial geomorphology to river channel management: Background for progress towards a palaeo-hydrology protocol. ELSEVIER, Journal of Geomorphology xx.

Kusky, T. ۲۰۰۸. Floods: Hazards of Surface and Groundwater Systems. Facts On File publishing, New York.

Miller, S.N.; Kepner, W.G. and Mehaffey M.H. ۲۰۰۲. Integration Landscape Assessment and Hydrologic Modeling for Land Cover Change Analysis. Journal of the American Water Resources Association. ۳۸(۴):۹۱۹-۹۲۹

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-06]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.53]

Maantay, J.; Maroko, A. ۲۰۰۸. Mapping urban risk: Flood hazards. race, & environmental justicein New York , ۱-۱۴.

Thorndycraft, V.R.; Benito, G., Gregory, K.J. ۲۰۰۷. Fluvial geomorphology: A perspective on current status and methods", Journal of Geomorphology X..

Varshney , R. S. ۱۹۷۹.Engineering Hydrology ” , Nem Chand and Bros. , Roorkee , pp. ۳۶۸ – ۳۸۰.

Wohl, E. E., ۲۰۰۰, Inland Flood Hazards (Human, Riparian, and Aquatic Communities). Cambridge University Press, Cambridge.

Yin, H.; Li, C. ۲۰۰۱. Human impact on floods and flood disasters on the Yangtze River, ,۱۰۵-۱۰۹.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-06]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.2.53]