

دو فصلنامه‌ی ژئومورفولوژی کاربردی ایران

سال سوم، شماره پنجم، بهار و تابستان ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۹/۲۸

صص ۱۴-۲۶

تعیین سطوح سیل گیر با بهره گیری از سیستم مدل سازی حوضه آبخیز (WMS) (مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز امامه)

ابوالقاسم گورابی*، استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
نقیسه اشتیری، کارشناسی ارشد مخاطرات انسانی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

چکیده

سیلاب‌ها یکی از مخاطرات طبیعی مخرب برای جوامع بشری محسوب می‌گردند. در این پژوهش پهنه‌های سیل گیر حوضه‌ی آبخیز امامه در شمال تهران با تهیه‌ی آب نموده‌ها و تخمین پارامترهای هیدرولوژیکی با استفاده از سیستم مدل سازی حوضه‌های آبخیز (WMS) مشخص شده‌اند. از داده‌های رقومی ارتفاعی با دقت ۱۰ متر و ساعتی بارش و دبی ساعتی جهت ترسیم مقاطع عرضی (۲۰)، استخراج انواع هیدروگراف‌ها و پهنه‌بندی سطوح سیل گیر و شناسایی محدوده‌های احتمالی خطر سیل در نواحی روستایی پیرامون کانال‌های حوضه در قالب انواع مدل‌های هیدرولوژیکی موجود در نرم‌افزار WMS^۱ استفاده شده‌اند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیش‌ترین گسترش پهنه‌های سیلاب احتمالی در روستای امامه بالا (مساحت ۰/۰۸۷ کیلومتر مربع)، روستای امامه پایین (مساحت ۰/۰۴۵ کیلومتر مربع)، روستای کلوگان (مساحت ۰/۰۲۷ کیلومتر مربع) قرار دارد. بررسی مقاطع سیلاب در روستای امامه بالا مقاطع (۹ و ۱۰)، مقطع ۱۱ در روستای امامه پایین، مقاطع (۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰) در روستای کلوگان بیانگر برابری عمق سطح بحرانی آب و سطح فعلی آب در این مناطق است.

واژه‌های کلیدی

حوزه‌ی امامه، هیدروگراف واحد، مدل HEC-1، HEC-RAS.

Email: goorabi@ut.ac.ir

1- Watershed Modeling System

* - نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۷۲۷۴۴۸۷

مقدمه

سیل یکی از عمده ترین مسائل جوامع بشری و محیط زیستی و از عوامل بازدارنده ی برنامه های توسعه به شمار می آید. وقوع این پدیده در هر منطقه بستگی به واکنش های هیدرولوژیکی و ویژگی های اقلیمی، زمین شناسی و ژئومورفولوژیکی نواحی بالادست حوضه ی مرتبط با آن است. با توجه به افزایش جمعیت و نیز گسترش فعالیت های انسانی در حوضه های آبخیز از یک طرف و واقعیت تغییرات اقلیمی و تشدید بارش ها از طرف دیگر که احتمال وقوع رخ داده های سیل می تواند موجب خسارات جبران ناپذیری به جوامع انسانی گردد. در زمینه ی پهنه بندی و تعیین سطوح سیلابی در ایران و جهان مطالعاتی صورت پذیرفته است از جمله: به منظور کارایی مدل HEC_HMS در شبیه سازی هیدروگراف سیلاب در حوضه ی آبخیز چهل گزی کریمی و همکاران (۱۳۹۰) ۷ واقعه ی بارش، رواناب را استخراج کرده میانگین مربعات خطا (RMSE) نشان داد که روش SCS نسبت به روش کلارک و اشنایدر کارایی بهتری دارد. جهت مدل سازی جریان سیلاب رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۰) شاخص های تأثیر گذاری در سیل خیزی حوزه ی آبخیز رودخانه ی جاجرود را مشخص کردند و با استفاده از روش رگرسیون چندمتغیره و روش enter در نرم افزار GIS مدل سیلابی حوزه ی آبخیز جاجرود را تدوین کردند. به منظور شناسایی نواحی با بیشترین ظرفیت تولید رواناب سیل در حوزه ی فرحزاد قنوتی و همکاران (۱۳۹۰) لایه های اطلاعاتی مربوط به شاخص های NDVI، تراکم زهکشی، فاصله از آبراهه، بارش، انحنای پروفیل و پلانی متریک، شیب لندفرم ها، کاربری اراضی و لیتولوژی را با استفاده از مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان می دهد که پهنه بندی خطر سیل خیزی نواحی با خطر بسیار بالا در بخش های شمالی و بالادست حوضه واقع گردیده اند. به منظور برآورد هیدروگراف واحد مصنوعی با استفاده از تحلیل منطقه ای سیلاب و پارامترهای ژئومورفولوژیکی چپی و همکاران (۱۳۹۰) در دو حوزه ی آبخیز کانی سواران و مارنج در جنوب شرقی شهرستان سمنان، هیدروگراف های ۱ و ۲ ساعته را با استفاده از داده های دبی حداکثر سیل داده های زمانی دبی سیلاب برآوردی و مشاهده ای بر اساس ضریب ناش - ساتکلیف و ابعاد هیدروگراف واحد مصنوعی بر اساس خطاهای مطلق و بایاس مورد ارزیابی و صحت سنجی قرار دادند. نتایج نشان داد که مدل های رگرسیونی چندجمله ای دارای بیشترین ضریب تبیین برای محاسبه ی پارامترهای هیدروگراف واحد مصنوعی بوده اند؛ لذا کارایی خوبی در تهیه ی هیدروگراف های ۱ و ۲ ساعته دارند به منظور برآورد رواناب سطحی شهر رشت افشاری آزاد و پورکی (۱۳۹۱) با استفاده از اطلاعات TIN و نقشه های کاربری اراضی عمق رواناب و حجم سیلاب زیرحوضه های ۱۷ گانه با دوره ی بازگشت های مختلف از روش SCS و استدلالی محاسبه کردند. نتایج نشان داد نقش CN و پوشش گیاهی در شدت نفوذ از بقیه ی متغیرها بیش تر است. به منظور ارائه ی روشی برای پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی در حوزه ی آبخیز اختراآباد ملکیان و همکاران (۱۳۹۱) عوامل مؤثر چون سنگ شناسی، نفوذپذیری، تراکم شبکه زهکشی، زمان تمرکز، شیب، گروه هیدرولوژی خاک، کاربری اراضی، بارش و فاصله از آبراهه را با استفاده از فرآیند سلسله مراتب فازی مدل سازی کردند. نتایج تحلیل ناحیه ای که حاصل هم پوشانی نقشه ی نهایی با نقشه های هر یک از عوامل مؤثر بر سیل خیزی است بیان می دارد که مناطق با پتانسیل سیل خیزی زیاد در پهنه هایی با شیب بیش از ۶۰ درصد و بارش بین ۳۰۰-۴۰۰ میلی متر قرار دارند.

به منظور شناسایی مناطق مؤثر بر دبی اوج سیلاب در حوزه ی سد جیرفت سلیمانی ساردو و همکاران (۱۳۹۱) از نقشه ی توپوگرافی، شبکه ی آبراهه، زمان تأخیر، زمان تمرکز، رگبار را از تکنیک های GIS و RS و

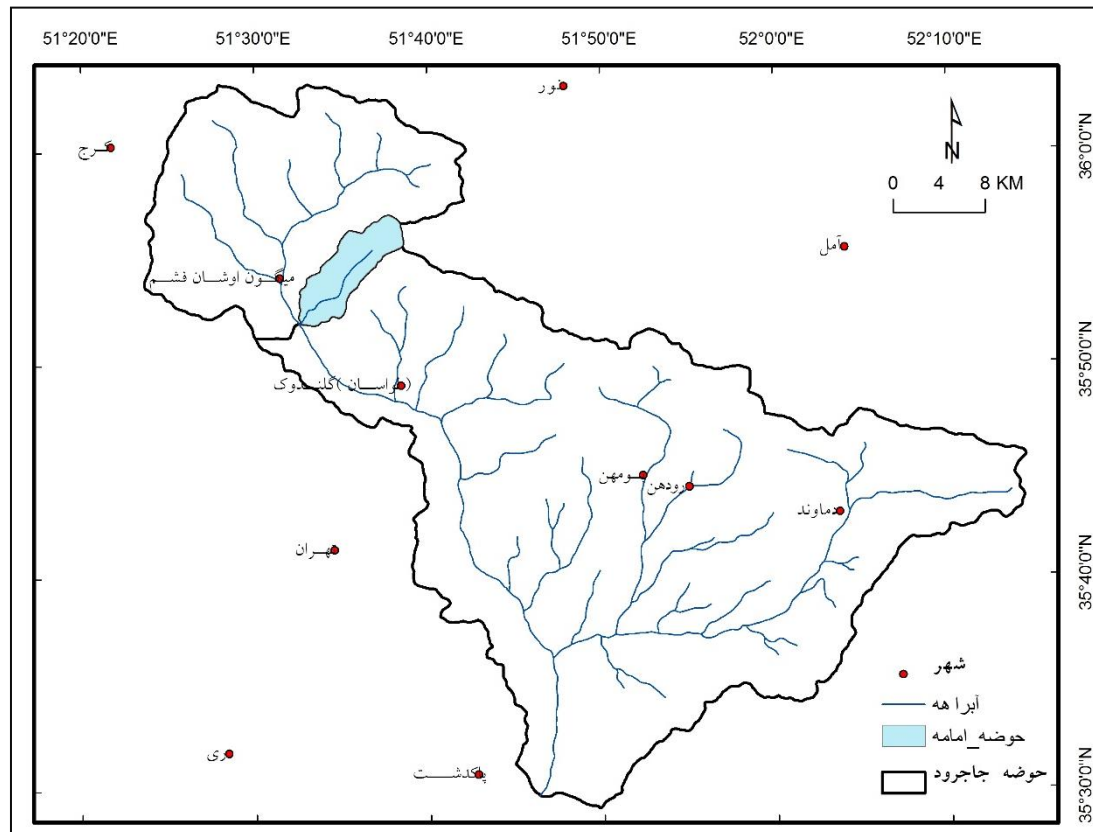
مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS و همچنین از دو شاخص $F\%$, f جهت آنالیز سیل‌خیزی استفاده کردند. نتایج نشان داد که زیر حوزه‌ی K6 با ۷۶ درصد رتبه‌ی اول و زیرحوضه‌ی هنجان با ۷۴ درصد در رتبه‌ی دوم سیل‌خیزی قرار دارند. همچنین میزان سیل‌خیزی از پایین‌دست حوضه به سمت بالادست افزایش پیدا می‌کند و سرشاخه‌ها در مقدار دبی خروجی نقش به‌سزایی ایفا می‌کنند. به‌منظور تبیین وضعیت سیلاب در زیر حوضه‌های استان آذربایجان غربی فرج‌زاده اصل (۱۳۹۱) از داده‌های سنگ‌شناسی، شیب، ضخامت مواد تراکمی، ضریب رطوبت و میزان بارش، درجه حرارت یا برودت و کاربری اراضی استفاده شده است و سپس از روش استراهلر به طبقه‌بندی رودخانه‌های استان پرداخته شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که زیرحوضه‌ی زنگمار در خطر سیل‌پذیری شدید قرار دارد و لازم است تا تدابیری برای کاهش آثار سیل در این منطقه انجام گیرد. به‌منظور ارزیابی مکان‌های مستعد گسترش سیلاب در شهرستان‌های سبزوار، اسفراین، جاجرم، کاشمر، بردسکن و خلیل‌آباد دادرسی سبزوار و همکاران (۱۳۹۲) هفت لایه‌ی اطلاعاتی، شامل واحدهای کوآترنری، محدودیت‌های کاربری، شیب، نفوذپذیری، ضخامت آبرفت، رواناب و ضریب ذخیره مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و با روش وزن‌دهی و سه مدل آماری منطق بولین، شاخص هم‌پوشانی و منطق فازی، به همراه تعدادی از عملگرهای آن‌ها، اولویت مناطق مستعد برای پخش سیلاب را تعیین کردند. نتایج نشان داد که مدل فازی با عملگر جمع از کارایی بالاتری نسبت به سایر روش‌ها جهت تفکیک و شناسایی نهشته‌های مناسب پخش سیلاب، برخوردار بوده و بیش‌ترین هم‌پوشانی را با عرصه‌های کنترلی دارد. به‌منظور محاسبه تولید پتانسیل سیل‌خیزی ثروتی و همکاران (۱۳۹۲) حوضه‌ی آبخیز سراب دره شهر را با استفاده از نقشه‌ی کاربری ارضی و نقشه‌ی گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و بر اساس روش SCS نقشه شماره‌ی منحنی (CN) و نفوذ (S) محاسبه کردند. نتایج نشان می‌دهد که ۹/۱ کیلومترمربع دارای پتانسیل سیل‌خیزی بسیار بالا، ۷/۸ کیلومترمربع با پتانسیل بالا، ۱۳ کیلومترمربع با پتانسیل متوسط و ۶/۶ کیلومترمربع نیز دارای پتانسیل کم است. به‌منظور استفاده و ارزیابی سامانه‌ی پشتیبان تصمیم‌گیری RS و GIS و اولویت‌بند نواحی مناسب پخش سیلاب ملکیان و همکاران (۱۳۹۳)، منطقه‌ی مناسب برای پخش سیلاب در حوضه‌ی آبخیز ایور را بر اساس چهار معیار اصلی، هشت زیر معیار و بیست و چهار شاخص انتخاب کردند. درنهایت ۵ سناریو تهیه و ارزیابی شد. مقایسه‌ی میانگین مطلوبیت در بین پنج سناریو نشان‌دهنده‌ی آن است که زیرحوزه‌ی ۱ در ۳ سناریو (ارجحیت نفوذ، ارجحیت کاربرد آب و برابری تمامی معیارهای اصلی) دارای میانگین مطلوبیت بالاتری بوده؛ لذا در میان ۲ زیرحوزه در این سناریوها دارای ارجحیت بیش‌تری نسبت به دیگر زیرحوضه‌هاست. به‌منظور شبیه‌سازی واحدهای هیدرولوژیکی حوزه‌ی همدان- بهار نودری و همکاران (۱۳۹۳) شاخص‌های سیل‌خیزی و نقشه‌ی تغییرات این شاخص‌ها را در زیر حوضه‌ها با استفاده از نرم‌افزار سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی ArcGIS و مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS شبیه‌سازی کردند. نتایج نشان داد که زیرحوضه‌ی بهادرینگ بیش‌ترین و زیرحوضه‌ی قره‌آغاج کم‌ترین سهم را در دبی اوج سیلاب حوضه دارند. همچنین زیرحوضه‌هایی که مساحت یا رواناب بیش‌تری دارند، لزوماً تأثیر بیش‌تری بر اوج سیل خروجی حوضه ندارند. به‌منظور انتخاب بهترین روش از میان روش‌های برآورد زمان تمرکز در حوضه‌ی آبخیز آتشفشان میرزایی و رؤف (۱۳۹۳) مقادیر زمان تمرکز حوضه با استفاده از ۱۴ معادله‌ی تجربی و روش SCS در نرم‌افزارهای WMS و HEC-Geo-HMS صورت دادند. نتایج نشان می‌دهد که مساحت، نقش به‌سزایی را در برآورد مناسب زمان تمرکز ایفا می‌کند؛ چنان‌چه بررسی روابط هات وی، هیدروگراف- استدلالی و ین چاو، کرپیچ و کالیفرنیا نشان

می دهد که این روش ها جهت محاسبه ی زمان تمرکز، پارامتر مساحت را به کار نمی گیرند. به همین دلیل مقدار برآورد آن ها با مقدار مشاهداتی تفاوت قابل ملاحظه ای دارد، اما در مقابل روابط پاسینی و کربای با لحاظ کردن تأثیر پارامتر مساحت، برآورد نزدیک تری را به مقدار مشاهداتی ارائه داده است. جهت اولویت بندی زیرحوضه های واقع در یک حوضه ی آبخیز شهری تهران رادمهر و عراقی نژاد (۱۳۹۳) از روش تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین ساختار فرآیند تصمیم گیری و برآورد وزن نقشه های معیار و از مدل تاپسیس فازی برای رتبه بندی نهایی زیرحوضه های واقع در حوضه ی آبخیز شهری تهران استفاده شده است. نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که زیرحوضه ی سه درون شهری در ۱۹ سناریو اولویت اول را از نظر مطالعات کنترل سیلاب کسب کرده است. به منظور بررسی شکست سد پلرود در اثر روگذری سیفی زاده و همکاران (۱۳۹۳) جهت پهنه بندی نقشه ی DEM نقشه ی توپوگرافی، شبکه ی نامنظم مثلثی TIN، لایه ی کاربری اراضی، ضریب مانینگ و تعداد ۲۰۰ مقطع عرضی را با استفاده از روش HEC-RAS و مدل BREACH GUI مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج روندیابی سیلاب نشان داد که دبی اوج در مدت زمان ۵۴ دقیقه، از محل سد به آخرین مقطع رودخانه در ۱۵ کیلومتری پایین دست خواهد رسید و از کاهش ۶۲ درصدی برخوردار است. استرانی و گرمالت (۲۰۱۴) در مطالعه ی خود با عنوان کنترل حوضه ی آبخیز و تعرض های انسانی در ژئومورفولوژی سیستم های دهانه ای مدیریت ای کوچک تأثیر عواملی مانند خصوصیات حوضه، دخالت های انسانی و سیلاب ها را بر روی تغییرات ژئومورفولوژی سیستم بررسی نمودند. مانفردا و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه ای با عنوان بررسی استفاده از رویکردهای جغرافیایی برای تشخیص محدوده های مستعد سیلاب، از سه رویکرد شامل شاخص توپوگرافیک، طبقه بندی دوگانه ی خطی و روش هیدروژئومورفیک در رودخانه تیبر ایتالیا استفاده نمودند. نتایج از مطالعه برای تهیه ی نقشه های خطر سیلاب و درجه بندی مخاطره سیل به کار گرفته شد. الحسنات (۲۰۱۵) در مطالعه ای با عنوان ارزیابی سیلاب های ناگهانی در شهر وادی موسی اردن به بررسی این سیلاب ها پرداخته و علاوه بر تعیین بزرگی سیلاب های احتمالی، محدوده های خطر را نیز برای دوره ی بازگشت های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سال مشخص نمود. زازو و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه ای با عنوان تحلیل مدل سازی سیلاب از طریق روش های ژئوماتیک ابداعی از مجموعه ای از فنون ژئوماتیک و اطلاعاتی و داده های فضایی و ارتفاعی برای بررسی مدل سازی سیلاب استفاده نمود و ادعا می کند که تکنیک RC-APP که در آن مطالعه ی ارائه شده نتایج صحیح تری نسبت به روش DiDAR به دست می دهد.

شهرستان لواسانات در شمال شرق تهران یکی از مراکز تفریحی برای اوقات فراغت ساکنین شهر تهران است. حوضه ی امامه که یکی از زیر حوضه های حوضه ی جاجرود است، در این منطقه قرار دارد. هدف از این پژوهش، پهنه بندی مناطق مستعد سیل گیر در منطقه ی حوضه ی آبخیز امامه است که در سال های اخیر این منطقه با سیلاب های گوناگونی مواجه بوده است و این مطلب اهمیت پهنه بندی خطر و مدیریت و برنامه ریزی منطقه را بهتر نشان می دهد. ارزیابی احتمال وقوع سیل در این حوضه به عنوان یک نمونه از حوضه های آبخیز مشابه می تواند از یک طرف موجب شناسایی پهنه های خطر در این حوضه شود و نیز از طرف دیگر به شناخت عوامل مؤثر در ارزیابی این نوع مخاطرات و کاربرد آن ها در سایر مطالعات کمک نماید.

معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

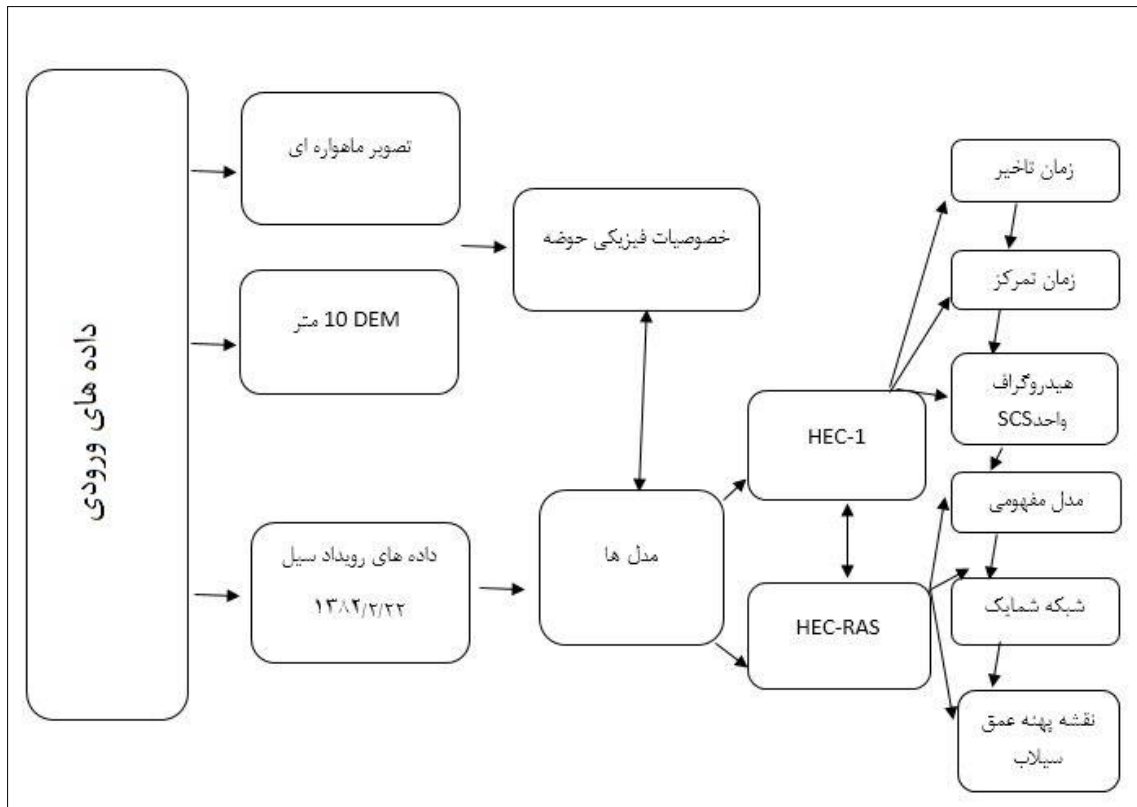
حوضه‌ی آبخیز معرف امامه یکی از زیر حوضه‌های آبخیز رودخانه جاجرود و در بخش بالادست سد لتیان با مساحت حدود ۳۷ کیلومترمربع گسترده شده است. ارتفاع آن بین ۸۰۰ متر از سطح دریا در محل خروجی تا حداکثر ۳۸۶۸ متر تغییر می‌نماید. رودخانه‌ی امامه با راستای شمال شرقی - جنوب غربی زهکش اصلی این حوضه است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت زیر حوضه‌ی امامه در حوضه‌ی آبخیز جاجرود

مواد و روش‌ها

با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر، تصویر ماهواره‌ای اقدام به استخراج خصوصیات فیزیکی حوضه شد (شکل ۲).



شکل ۲: روش شناسی تحقیق

برای تهیه ی هیدروگراف واحد SCS، زمان تمرکز و زمان تأخیر از مدل HEC-1 استفاده شد. در توضیح هیدروگراف واحد SCS لازم است ذکر شود که هیدروگراف واحد SCS بی بعد و تک اوجی است. این هیدروگراف نسبت بین آبدهی هیدروگراف واحد در هر زمان U_t و آبدهی هیدروگراف واحد در زمان رسیدن به اوج، U_p را در برابر نسبت بین زمان های آن ها T زمان رسیدن به آبدهی اوج T_p نشان می دهد. ارتباط بین آبدهی اوج و زمان رسیدن به این آبدهی در رابطه ۱ تعیین شده است (علیزاده، ۱۳۸۹: ۶۱۷):

$$U_p = C \frac{A}{T_p} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن A مساحت حوضه و C مقدار ثابتی است که در سیستم SI $2/08$ و در سیستم انگلیسی 484 است؛ زمان رسیدن به اوج هیدروگراف هم با رابطه ۲ مشخص می شود (همان، ۶۰۹):

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{\log} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن Δt تداوم بارندگی مازاد و t_{\log} زمان تأخیر حوضه است. زمان تأخیر حوضه به صورت اختلاف زمانی بین مرکز ثقل بارندگی مازاد و زمان رسیدن به اوج هیدروگراف تعریف می شود. زمان تاخیر^۲ حوضه مطابق با معادله SCS مطابق با رابطه ۳ تعیین می شود (همان، ۶۱۷):

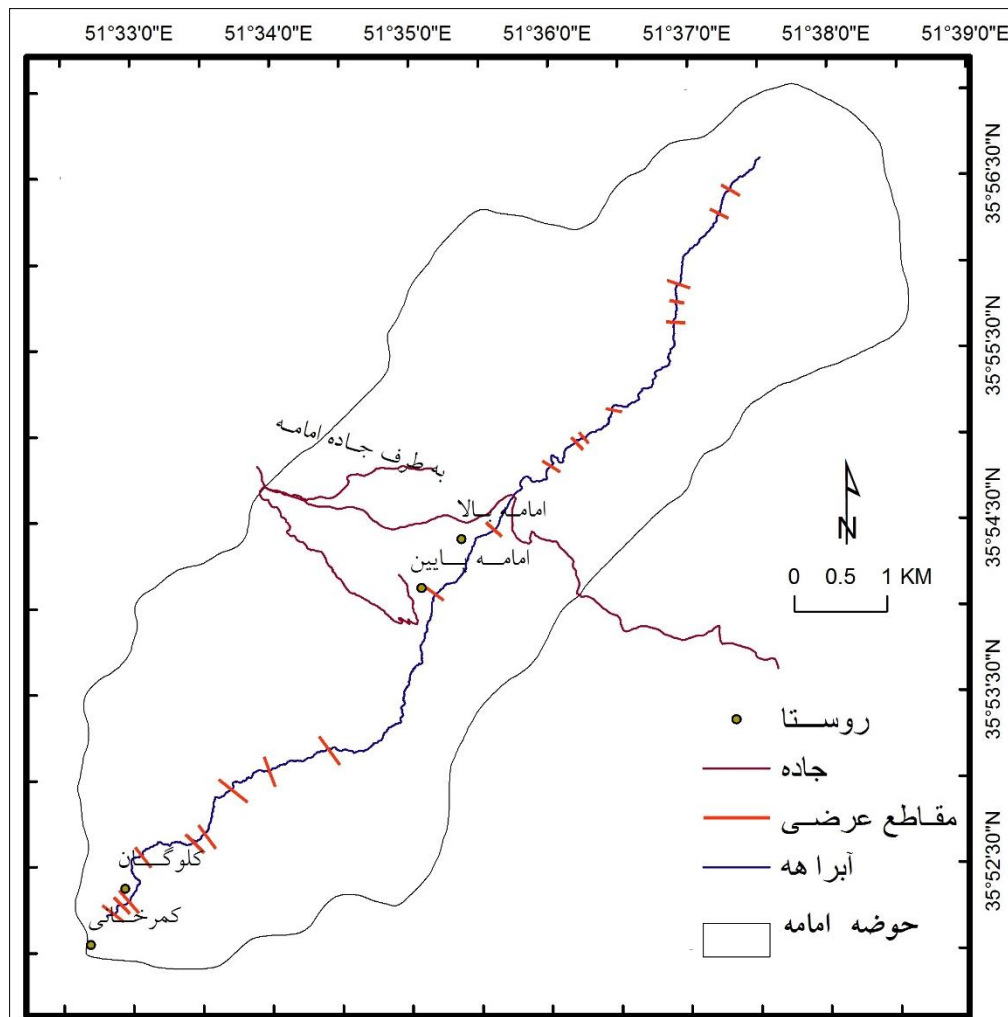
$$L^{0.8} \times \left[\frac{(((1000/CN) - 10) + 1)^{0.7}}{1900 \times \text{sqrt}(Y)} \right] \quad \text{رابطه (۳)}$$

L: برابر است با طول حوضه /CN؛ که برابر است با حوضه /Y: درصد شیب حوضه زمان تمرکز حوضه مطابق با معادله کریچ برای جریان سطحی روی زمین بدون پوشش گیاهی مطابق با رابطه‌ی ۴ تعیین می‌شود (همان، ۵۰۵):

$$\text{رابطه (۴)} \quad m \times 0.00013 \times \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right)$$

m: ضریب نوع زمین L: طول جریان سطحی /S: متوسط شیب جریان سطحی. به منظور پهنه‌بندی سیلاب و تعیین سطوح عمق و ارتفاع آب از مدل WMS- HEC-RAS استفاده شد. بدین منظور مدل مفهومی شبکه شماتیک و فایل هندسی است. ایجاد مدل مفهومی، خط مرکزی و قوس‌های کناره: مدل مفهومی شامل تعریف آبراهه‌های حوضه، موقعیت مقاطع عرضی روی آبراهه‌ها، موقعیت کناره‌ها و جنس زمین است. مقاطع عرضی: مقاطع عرضی بخش مهمی از مدل مفهومی است و حداقل در هر آبراهه به دو مقطع عرضی نیاز است. برای استخراج مقاطع عرضی با استفاده از خطوط منحنی میزان نواحی که دارای خط‌القعر هستند، انتخاب شده است.

شبکه‌ی شماتیک: این شبکه نموداری از مدل مفهومی است و یک مدل عددی از مقاطع عرضی را که در هر آبراهه برآورد شده است و نشان می‌دهد که در این قسمت مدل مفهومی که شامل موقعیت آبراهه‌ها، خط مرکزی، پوشش‌های کناره و بافت زمین است به صورت یک مدل عددی برای مقاطع عرضی تبدیل شده است (شکل ۳).



شکل ۳: شبکه‌ی شماتیک

کاربری زمین: جهت استخراج داده‌های عددی از جدول مانینگ لازم است تا اطلاعات کافی از کاربری زمینه‌های داخل حوضه را برآورد کنیم. بدین منظور از نقشه‌ی کاربری استفاده شده و ضرایب مانینگ در حوضه‌ی امامه استخراج شد (جدول ۱).

جدول ۱: ضرایب مانینگ برای کاربری، وضعیت خاک، وضعیت جریان

نوع کاربری					
ضریب مانینگ	مزارع کشاورزی	باغ	مناطق روستایی	رودخانه	بدون پوشش گیاهی
	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۲

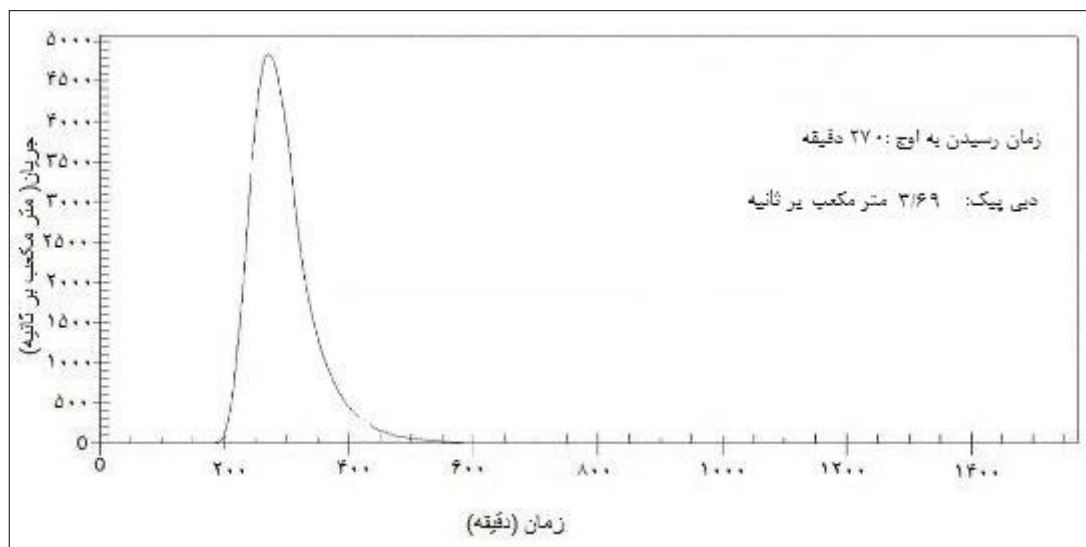
(اکبرپور و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۳۳)

فایل هندسی: فایل هندسی شامل داده‌های مقاطع عرضی استفاده شده توسط HEC-RAS به علاوه داده‌های سه بعدی زمین مرجع شده است. فایل هندسی از شبکه‌ی شماتیک تهیه می‌شود. اجرای مدل HEC-RAS نرم افزار HEC-RAS در طرح‌های مهندسی رودخانه از جمله تهیه‌ی پروفیل سطح آب، تعیین منحنی دبی-اشل در ابتدا و انتهای بازه‌ها در انهار طبیعی و مصنوعی، بررسی وضعیت جریان و پهنه‌بندی سیل در شرایط مختلف ساماندهی رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد (مساعدی و

همکاران، ۱۳۸۵: ۶۵). اجرای این برنامه شامل تعریف جریان و شرایط مرزی برای آبراهه‌ها، محاسبه عمق‌های نرمال و جهت موقعیت توزیع جریان برای محاسبه‌ی پروفیل‌های سرعت است. برای تعریف جریان و شرایط مرزی عدد دبی پیک با توجه به هیدروگراف واحد SCS برای سیلاب ۸۲/۱۲/۲۲ دبی ۳/۶۹ مترمکعب بر ثانیه در نظر گرفته شده است. برای محاسبه‌ی عمق‌های نرمال HEC-RAS در مرزها به شیب بالادست مقدار ۰/۲۰ و شیب پایین‌دست مقدار ۰/۰۴ اختصاص داده شده است. جهت موقعیت توزیع جریان نیز مختلط در نظر گرفته شده است. در مرحله‌ی پایانی مدل برای اجرای تحلیل جریان ماندگار محاسبه شده و نتایج به‌صورت فایل جدا به WMS اضافه شده و تحلیل نهایی صورت می‌گیرد. تعداد این نقاط ۲۰ نقطه است و این تعداد بیانگر تعداد مقاطع عرضی است که HEC-RAS به کمک آن ارتفاعات سطح آب را محاسبه کرده است. در این مرحله برای دستیابی به دقت بیش‌تر برای تولید نقشه‌ی سیلاب نقاط پراکنده ارتفاع سطح آب به همراه خط مرکزی و قوس‌های مقطع عرضی بافاصله ۶۰ متری درون‌یابی شده است.

بحث و نتایج

تعیین پهنه‌ی سیل و عمق سیلاب مستلزم ترسیم مقاطع و هیدروگراف حوضه است. اطلاعات استخراج‌شده از هیدروگراف مدل HEC-1 در محیط WMS زمان تأخیر، زمان تمرکز، زمان اوج و حجم سیلاب است (شکل ۴). مطابق با فرمول SCS زمان تأخیر برای واقعه ۸۲/۱۲/۲۲، ۱/۲۲ ساعت محاسبه شده است و زمان تمرکز ۱/۰۲ ساعت است زمان اوج نیز از شروع بارش در دقیقه ۲۷۰ رواناب به اوج خود رسیده است. درنهایت دبی پیک ۳/۶۹ مترمکعب بر ثانیه برآورد شده است.



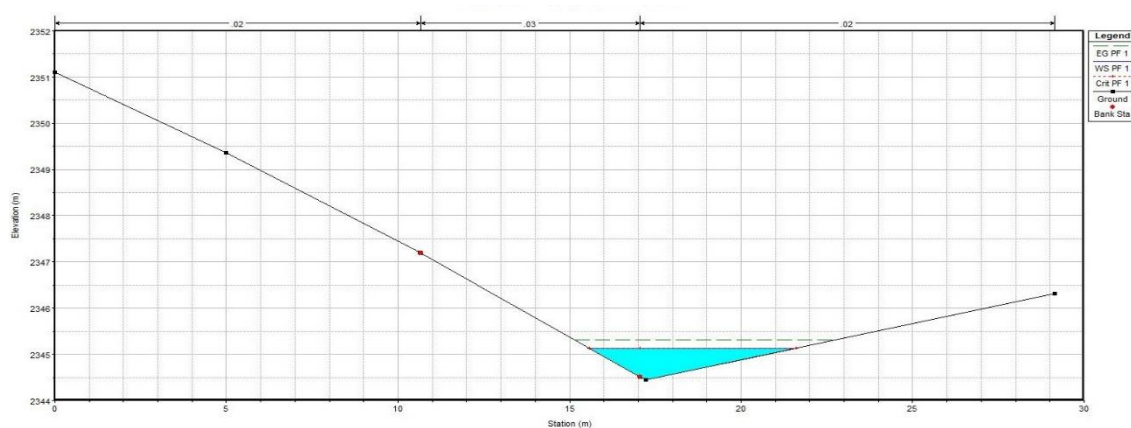
شکل ۴: هیدروگراف واحد SCS سیل ۸۲/۱۲/۲۲

مطابق با جدول شماره‌ی ۲ مقاطع ۹ و ۱۰ (شکل ۵) در ارتفاع ۲۳۹۵ و ۲۳۴۵ مسیر روستای امامه بالا قرار دارند. عمق سطح بحرانی آب و سطح فعلی آب در این مقاطع به ترتیب ۷ و ۱/۶۴ متر است که بیانگر خطر سیل‌خیزی در روستای امامه بالا است. بدین ترتیب مقاطع ۱۱ در روستای امامه پایین در ارتفاع ۲۳۰۷ متری با ۱،۹۷ متر عمق بحرانی آب روستای کلوگان مقاطع ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ به ترتیب در ارتفاع ۱۹۲۰، ۱۸۳۱، ۱۸۷۲ و ۱۸۲۱ دارای سطح بحرانی ۳/۹۷، ۱/۲۶، ۲/۷۳ و ۶/۴۷ متر است که بیانگر بیش‌تر شدن سطح

فعلی آب از سطح بحرانی تخمین شده در این مقاطع است؛ بنابراین مقطع ۲۰ در روستای کلوگان نسبت به مقاطع دیگر از لحاظ سیل خیزی در شرایط نامطلوبی قرار دارد.

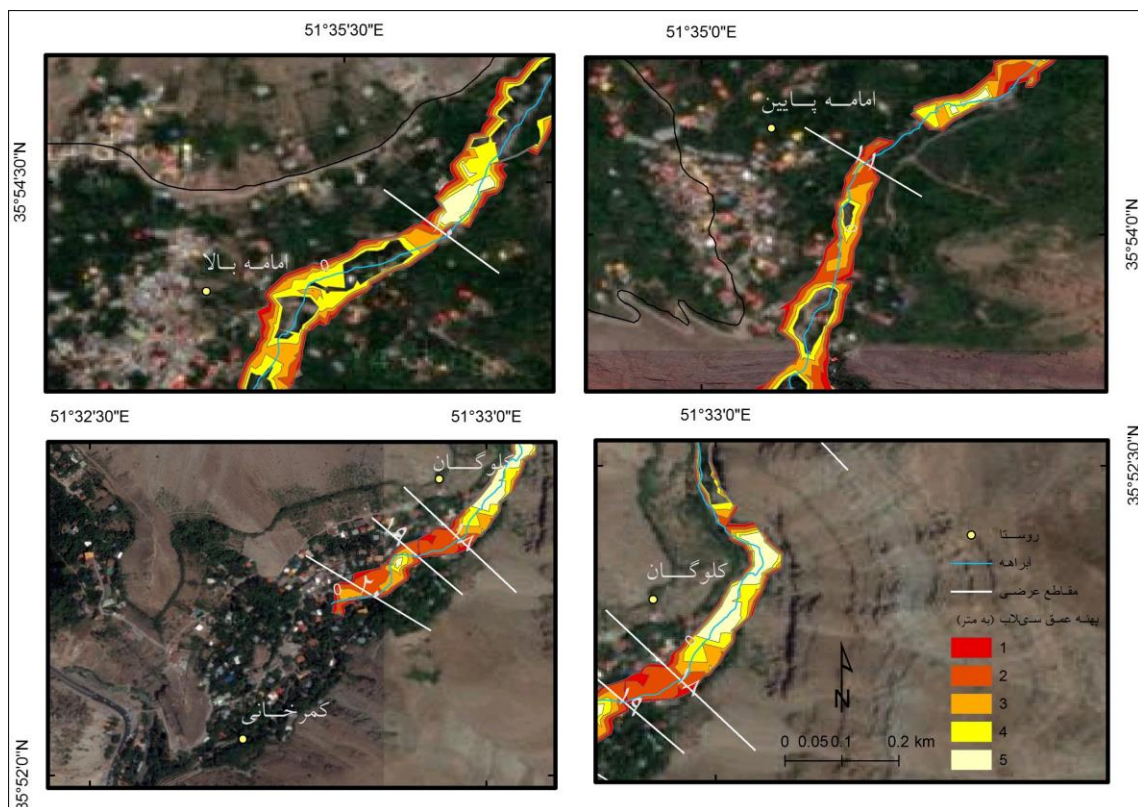
جدول ۲: اطلاعات مقاطع عرضی (۹ تا ۱۱ و ۱۷ تا ۲۰) توسط برنامه‌ی HEC-RAS

نام روستا	شماره‌ی مقطع	عمق سطح بحرانی آب (متر)	عمق سطح فعلی آب (متر)	ارتفاع ساحل چپ و راست مقطع (متر)
امامه بالا	۹	۷	۷	۲۳۹۵
امامه بالا	۱۰	۱/۶۴	۱/۶۴	۲۳۴۵
امامه پایین	۱۱	۱/۹۷	۱/۹۷	۲۳۰۷
کلوگان	۱۷	۳/۹۷	۳/۹۷	۱۹۲۰
کلوگان	۱۸	۱/۲۶	۱/۲۶	۱۸۷۲
کلوگان	۱۹	۲/۷۳	۲/۷۳	۱۸۳۱
کلوگان	۲۰	۶/۴۷	۶/۹۶	۱۸۲۱



شکل ۵: مقطع شماره‌ی ۱۰

با توجه به شکل ۶ پهنه‌های عمق سیلاب در ۵ کلاس طبقه‌بندی شده‌اند. کلاس اول ۱ متر (مساحت ۰/۰۷ کیلومترمربع)، کلاس دوم ۲ متر (مساحت ۰/۰۹ کیلومترمربع)، کلاس سوم ۳ متر (مساحت ۰/۰۷ کیلومترمربع)، کلاس چهارم ۴ متر (مساحت ۰/۰۶ کیلومترمربع)، کلاس پنجم ۵ متر (مساحت ۰/۰۱ کیلومترمربع) است. هم‌چنین بیش‌ترین مساحت پهنه‌های گسترش عمق سیلاب به ترتیب در روستای امامه (۰/۸۷ کیلومترمربع)، روستای امامه پایین (۰/۴۵ کیلومترمربع)، روستای کلوگان (۰/۲۷ کیلومترمربع) قرار دارد.



شکل ۶: نقشه‌ی عمق آب در رویداد ۸۲/۱۲/۲۲

نتیجه‌گیری

با توجه به موقعیت حوضه‌ی امامه که در بالادست سد لتیان قرار دارد به دلیل وضعیت توپوگرافی و کوهستانی بودن این حوضه، در فصل زمستان از بارش‌های زیادی به شکل برف برخوردار است. به‌علاوه، وجود بارش‌های بهاری در اثر همرفت، سبب ذوب شدن برف‌های ذخیره‌شده‌ی فصل زمستان می‌شود و دبی رودخانه‌ها آن‌قدر افزایش می‌یابد که از بستر اصلی خارج شده و سبب وقوع سیل و در نتیجه به وجود آمدن خسارات زیادی به مناطق مختلف حوضه می‌شوند. نتایج مدل HEC-1 و هیدروگراف واحد SCS بیانگر آن است که حوضه‌ی امامه جز حوضه‌های کشیده قرار می‌گیرد؛ بنابراین شکل هیدروگراف‌ها حالت کشیده دارد و باعث می‌شود تا دبی اوج حوضه کم‌تر باشد و زمان تخلیه‌ی سیلاب بیش‌تر شود. پهنه‌بندی خطر سیل با بهره‌گیری از مدل HEC-RAS و WMS نشان داد که بیش‌ترین مساحت پهنه‌های سیلاب‌گیر در مناطق روستایی مربوط به مقاطع شماره‌ی ۹ و ۱۰ در روستای امامه بالا، مقطع ۱۱ در روستای امامه پایین و مقاطع ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ در روستای کلوگان است. در مجموع مطالعه‌ی انجام‌شده از دیدگاه شدت سیل‌خیزی نشان می‌دهد که ۰/۳۱۴ کیلومترمربع از رودخانه اصلی امامه در معرض پهنه‌های سیلابی قرار دارد که از این مقدار ۰/۱۶۰ کیلومترمربع مناطق روستایی امامه بالا، امامه پایین و کلوگان تحت خطر سیلاب احتمالی قرار دارد که لازم است برای مهار سیلاب و کاهش شدت سیل‌خیزی، بر اساس اولویت اقدامات لازم صورت گیرد.

منابع

۱. افشاری آزاد، محمدرضا. پورکی، هاله (۱۳۹۱). برآورد رواناب سطحی شهر رشت (مطالعه‌ی موردی: خیابان شهید قلی پور تا فلکه یخ‌سازی)، فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال دوازدهم، شماره‌ی ۳۷، بهار، صص ۱۴۱-۱۲۱.
۲. اکبرپور، ابوالفضل، کبارفرد، محمد، عنابی، فهیمه (۱۳۸۷). سیستم مدل سازی حوضه‌ی آبریز، مشهد: نشر سخن گستر.
۳. ثروتی، محمدرضا. احمدی، محمود. نصرتی، کاظم. مزبانی، مهدی (۱۳۹۲). پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌ی آبخیز سراب دره شهر، جغرافیا (فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)، سال یازدهم، شماره‌ی ۳۶، صص ۷۷-۵۵.
۴. چپی، کامران. فتحی، پرویز. شیرزادی، عطالله (۱۳۹۰). برآورد هیدروگراف واحد مصنوعی با استفاده از تحلیل منطقه‌ای سیلاب و پارامترهای ژئومورفولوژیکی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌های آبخیز مارنج و کانی سواران، کردستان)، مجله‌ی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب‌و‌خاک، سال پانزدهم، شماره‌ی پنجاه و هشتم، صص ۲۴۰-۲۳۱.
۵. دادرسی سبزواری، ابوالقاسم. جلالی، نادر. گوهری، ابراهیم (۱۳۹۲). ارزیابی مدل‌های مفهومی در مکان‌یابی عرصه‌های مستعد گسترش سیلاب با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و سامانه‌ی اطلاعات مکانی، نشریه‌ی علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۶، شماره‌ی ۴، صص ۳۵۲-۳۳۷.
۶. رادمهر، احمد. عراقی نژاد، شهاب (۱۳۹۳). کاربرد روش تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی فازی در تعیین مناطق آسیب‌پذیر از سیلاب (مطالعه‌ی موردی: حوضه آبخیز شهری تهران)، نشریه‌ی دانش آب‌و‌خاک، جلد ۲۴ شماره‌ی ۴، صص ۱۲۸-۱۱۵.
۷. رضایی‌مقدم، محمدحسین. اصغری، صیاد. فیض‌الله پور، مهدی (۱۳۹۰). مدل‌سازی جریان سیلاب حوضه-ی آبریز رودخانه جاجرود با استفاده از رگرسیون چند متغیره، جغرافیا (فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران) سال نهم، شماره‌ی ۳۰، صص ۱۷۵-۱۶۳.
۸. سلیمانی ساردو، فرشاد. سلطانی کوپایی، سعید. سلاجقه، علی (۱۳۹۱). مکان‌یابی مناطق مؤثر بر دبی اوج سیلاب با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS در حوزه‌ی سد جیرفت، پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، شماره‌ی ۹۵، صص ۴۴-۳۲.
۹. سیفی‌زاده، مینا. عمادی، علیرضا. فضل‌اولی، رامین (۱۳۹۳). بررسی شکست سد پلرود در اثر روگذری و روندیابی سیلاب ناشی از آن در پایین‌دست، پژوهشنامه‌ی مدیریت حوزه‌ی آبخیز سال پنجم، شماره‌ی ۱، صص ۲۹-۱۵.
۱۰. علیزاده، امین (۱۳۸۹). اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ سی‌ام، مشهد: دانشگاه امام رضا.
۱۱. مساعدی، ابوالفضل، سلیمانی، کریم، غفاری، گللاه (۱۳۸۵). بررسی تغییرات مورفولوژی کناری آبراهه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (بابلرود مازندران). مجله پژوهش‌های جغرافیایی. شماره‌ی ۵۷، صص ۷۱-۶۱.
۱۲. فرج‌زاده اصل، منوچهر (۱۳۹۱). بررسی خطر سیل‌خیزی در زیرحوضه‌های استان آذربایجان غربی، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره‌ی ۱، صص ۶۸-۵۹.

۱۳. قنواتی، عزت‌الله. کرم، امیر. آقاخانی، مرضیه (۱۳۹۰). کارایی روش تحلیل سلسله مراتبی در مطالعات سیل خیزی، جغرافیا (فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)، سال نهم، شماره‌ی ۳۱، صص ۲۷۵-۲۵۵.

۱۴. کریمی، مریم. ملکی‌نژاد، حسین. عبقری، هیراد. عزیزیان، محمدصادق (۱۳۹۰). ارزیابی روش‌های مختلف شبیه‌سازی هیدروگراف سیل با استفاده از بسته‌ی نرم‌افزار HEC-HMS (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبخیز چهل گزی)، مجله‌ی پژوهش آب ایران، سال پنجم، شماره‌ی نهم، صص ۳۸-۲۹.

۱۵. ملکیان، آرش. افتادگان خوزانی، اصغر. عشور نژاد، غدیر (۱۳۹۱). پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه‌ی آبخیز اخترباد با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۴، شماره‌ی ۴، صص ۱۵۲-۱۳۱.

۱۶. ملکیان، آرش. علی‌پور، حمید. خیرخواه زرکش، میرمسعود. قره‌چلو، سعید (۱۳۹۳). کاربرد سامانه‌ی پشتیبانی تصمیم‌گیری در مکان‌یابی پخش سیلاب مطالعه‌ی موردی: حوزه‌ی آبخیز ایور استان خراسان شمالی)، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب‌و‌خاک، سال هجدهم، شماره‌ی شصت و نهم، صص ۱۷۸-۱۶۵.

۱۷. میرزایی، سجاد. رئوف، مجید (۱۳۹۳). گزارش فنی مقایسه‌ی معادلات تجربی و روش تجزیه‌ی هیدروگراف سیلاب در برآورد زمان تمرکز، مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آتشیگاه استان اردبیل، مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۶، شماره‌ی ۴، صص ۴۱۴-۴۰۷.

۱۸. نوذری، حامد. رضویان، سحرالسادات. نبوی همدانی، سید معزالدين (۱۳۹۳). شناسایی واحدهای هیدرولوژیکی مؤثر بر دبی اوج سیلاب در حوضه همدان-بهار، مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۶، شماره‌ی ۳، صص ۲۱۰-۲۰۱.

19. Alhasanat, H. (2014). Flash Flood Assessment for Wadi Mousa City-Jordan, *Procedia Economics and Finance*, Volume 18, pp 675-683.
20. Zazo, Santiago, Molina, José-Luis, Rodríguez-Gonzálvez, Pablo, (2015). Analysis of flood modeling through innovative geomatic methods, *Journal of Hydrology*, Volume 524, pp 522-537.
21. Joan Estrany, Miquel Grimalt; (2014). Catchment controls and human disturbances on the geomorphology of small Mediterranean estuarine systems; *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Volume 150, pp 230-241.
22. Manfreda, S., Nardi, F., Samela, C., Grimaldi, S., Taramasso, A. C., Roth, G., & Sole, A. (2014). Investigation on the use of geomorphic approaches for the delineation of flood prone areas, *Journal of hydrology*, Volume 517, pp 863-876.